

# **Gestão da manutenção em equipamentos de produção de borracha para a indústria do calçado**

*Rafael Fernandes Moreira*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2015-07-27



## Resumo

Este projeto pretende ser um contributo no desenvolvimento da área da manutenção de uma fábrica dedicada à produção de placas de borracha para a indústria do calçado.

A Monteiro, Ribas, unidade K, embora reconheça a elevada importância da manutenção na sua atividade, não dispõe de uma estrutura folgada para o seu tratamento. A unidade possui um conjunto relativamente vasto de equipamentos de produção, para o qual a atenção à manutenção é necessária de forma a garantir a continuidade de um fluxo de produção o menos problemático possível. No conjunto de máquinas estão incluídos misturadores, uma extrusora, prensas hidráulicas, máquinas lixadoras, uma serra, assim como máquinas de pintura (rolo).

Depois de realizado o diagnóstico da situação, verificou-se que a atuação era mais voltada para a manutenção corretiva. Existia um manual de manutenção preventiva sem utilização, que entretanto se tornou desatualizado. Notada esta lacuna, assumiu-se como prioridade a implementação de uma estratégia de manutenção preventiva.

O manual existente foi revisto, tendo em conta as circunstâncias atuais. As tarefas foram selecionadas e repartidas entre a área da manutenção e produção de forma mais racional, e acima de tudo realizável, tendo em conta a disponibilidade finita de uma e outra área. A iniciativa de envolver mais os operadores vai ao encontro da filosofia de gestão TPM, nomeadamente do seu pilar referente à manutenção autónoma. Com as instruções revistas, fez-se o plano mestre de manutenção, com periodicidades mensais, semestrais e anuais.

Verificou-se a inexistência de um sistema de registo das ocorrências (ações de manutenção e avarias), que dificultou o diagnóstico em relação à quantificação das perdas de disponibilidade, e impediu à partida o cálculo do OEE. Sendo assim, foram criadas também as bases de um sistema de registo, através da disponibilização de modelos para o uso dos intervenientes.

Foi feita uma breve análise à distribuição de avarias durante o ano de 2014 e 2015, que permitiu identificar que 6 dos 28 equipamentos são responsáveis por cerca de 80% do tempo total de avarias.

Por fim, foi feito um estudo da comparação dos custos da aplicação do novo plano de manutenção preventiva com a continuação da prática anterior para o caso da máquina lixadora *Zur'lan*. Os resultados, considerando cenários (pessimista a otimista), apontam para que o aumento da disponibilidade compense em comparação com os custos de aplicação do plano de manutenção preventiva, permitindo uma redução de custos por avaria de 10% ou 8000 €/ano para um cenário otimista. Acresce a isto a possibilidade de eliminar um potencial risco para a segurança.

## Palavras-chave:

Gestão da manutenção; manutenção preventiva; registo e histórico da manutenção; Plano mestre de manutenção (PMM); Análise de custos da manutenção.





## Abstract

This project aims to help the development of the maintenance area of a plant dedicated to the production of rubber soles plates for the footwear industry.

*Monteiro, Ribas*, K division, although recognizes the major importance of maintenance in its activity, has a limited structure at its disposal. The division has a relatively wide range of production equipment whose attention to maintenance is necessary to the production flow be the least problematic possible. In the set of machines are included mixers, an extruder, hydraulic presses, sanding machines and a saw, as well as painting machines (roll).

After the diagnosis of the current situation, it was concluded that the policy regarding maintenance was focused in its corrective expression. There was a preventive maintenance manual unused, which however had become outdated. Noted this issue, it was assumed as a priority the implementation of a preventive maintenance strategy.

The first preventive manual created was revised and updated to the current situation of the company. The tasks were selected and divided between the area of maintenance and production in a more rational, and above all, feasible way, taking into account the finite availability of both areas (maintenance and production). The initiative to involve the operators more meets the TPM management philosophy, in particular the autonomous maintenance pillar. With the revised instructions, it was created a master maintenance plan, with monthly, biannual and annual frequencies.

There was verified a lack of a registration system (maintenance actions and failures) that hindered the diagnosis in relation to the quantification of losses of availability, and prevented the calculation of OEE. Based on that, it was created a basis for a registration system with associated templates to be used by the participants.

A brief analysis of the failures distributions during 2014 and 2015 was made, reaching the conclusion that 6 out of 28 equipments are responsible for almost 80% of all breakdown time.

Finally, a study was done comparing the costs of implementing the new preventive maintenance plan with the continuation of previous practice in the case of sanding machine *Zur'lan*. The results, considering scenarios (pessimistic to optimistic), pointed out that the increase in availability compared to the implementation costs of the preventive maintenance plan, allows a return of 10% or 8,000 € / year for an optimistic scenario. Add to this, the possibility of eliminating a potential risk to safety.

## Keywords:

Maintenance management; preventive maintenance; maintenance history, maintenance registry; Maintenance Master Plan (MMP); cost analysis.



## Agradecimentos

Quero deixar o meu agradecimento à Dra. Luísa Sousa e ao Professor Paulo Osswald, pela orientação e apoio durante a realização deste projeto. Tal ajuda foi indispensável na definição do rumo e essencial para a minha evolução.

À Monteiro, Ribas e seus colaboradores, em especial ao Sr. Jorge Gonçalves pelo acompanhamento e auxílio prestado e ao Sr. José Ramalho pela atenção, cooperação e esclarecimento de dúvidas.

À família por estar sempre comigo.

Aos amigos que me acompanharam e aconselharam neste e noutros momentos em que deles precisei.

A todos, o meu sincero obrigado.



## Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	A Empresa Monteiro, Ribas S.A. ....	1
1.3	Objetivos do projeto.....	3
1.4	Estrutura da dissertação .....	3
2	Manutenção .....	5
2.1	Definição.....	5
2.2	Importância e evolução .....	5
2.3	Toyota Production System.....	6
2.4	Tipos de manutenção .....	7
2.5	Níveis de manutenção .....	9
2.6	Conceitos e termos base em manutenção.....	10
2.7	Custos da manutenção .....	11
2.8	Organização da manutenção .....	12
2.9	Modelos de Manutenção - TPM ( <i>Total Productive Maintenance</i> ).....	13
3	Descrição do problema.....	16
3.1	Produtos fabricados.....	16
3.2	Processo de fabrico .....	16
3.3	Avarias e tempos de paragem .....	21
3.4	Política de manutenção .....	24
3.5	Instruções de trabalho .....	24
3.6	Planeamento anual .....	25
3.7	Estrutura organizacional da manutenção .....	26
3.8	Ordens de trabalho .....	27
3.9	Armazém de peças .....	27
3.10	Sistema de informação utilizado.....	28
4	Soluções e Propostas de melhoria .....	31
4.1	Definição da prioridade de atuação .....	31
4.2	Distribuição de avarias na máquina Lixadora <i>Zur'lan</i> (1601).....	31

4.3	Revisão do manual Máquina Lixadora Zur'lan (1601).....	32
4.4	O manual atualizado .....	40
4.5	Registo de intervenções .....	42
4.6	Análise de custos .....	44
5	Conclusões .....	47
5.1	Objetivos .....	47
5.2	Trabalhos futuros .....	48
	Bibliografia.....	49
	Anexo A - Descrição da máquina lixadora <i>Zur'lan</i> (1601).....	51
	Anexo B – Instrução de trabalho da máquina de lixar placas <i>Zur'lan</i> .....	52
	Anexo C – Plano mestre de manutenção preventiva .....	56
	Anexo D – Modelos de registo .....	57
	Anexo E – Avarias registadas entre 01/2014 e 05/2015.....	58
	Anexo F – Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	62
	Anexo H – AMFE .....	63



## Siglas

AMFE: Análise de Modos de Falhas e Efeitos

CTB: Componentes técnicos de borracha

JIT: *Just in Time*

MTBF: Tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures*)

MTTR: Tempo médio de reparação (*Mean time to repair*)

OEE: *Overall Equipment Effectiveness*

TPM: *Total Productive Maintenance*

TPS: *Toyota Production System*





## Índice de Figuras

Figura 1 - Vista aérea do recinto industrial da Monteiro, Ribas S.A. (destaque da unidade K) .....	2
Figura 2 - Unidades da Monteiro, Ribas S.A. ....	2
Figura 3 - Evolução da manutenção .....	5
Figura 4 - Tipos de manutenção (GIAGI, 2007) .....	7
Figura 5 - Representação dos conceitos básicos da manutenção (adaptado de Ferreira, 1998) ....	10
Figura 6 - Representação do custo-fiabilidade ideal (adaptado de Almada-Lobo, 2014) .....	11
Figura 7 - Registo e consequente utilidade (adaptado de Ferreira, 1998; Pinto 2002).....	13
Figura 8 - A estrutura do TPM (adaptado de Fukishoki, 1990; Ahuja e Khamba, 2008) .....	15
Figura 9 - Placas de borracha produzida na Monteiro, Ribas.....	16
Figura 10 - Sola cortada a partir de uma placa .....	16
Figura 11 - Fluxograma representando processo de fabrico das placas de borracha .....	17
Figura 12 - Representação simplificada do layout de fabrico .....	17
Figura 13 - Pesagem de um componente.....	18
Figura 14 - Misturador interno <i>Werner &amp; Pfleiderer</i> .....	18
Figura 15 - Calandra <i>Guix</i> com manta de borracha.....	18
Figura 16 - Misturador aberto Benfica .....	18
Figura 17 - Vista do fuso da extrusora .....	19
Figura 18 - Sequência das prensas.....	19
Figura 19 - Serra e Lixa.....	19
Figura 20 - Linha de pintura .....	19
Figura 21 - Misturador interno ( <i>Guix</i> ).....	20
Figura 22 - Calandra (misturador aberto Benfica).....	20
Figura 23 - Sistema de arrefecimento.....	20
Figura 24 - Tira de borracha para CTB .....	20
Figura 25 - Disposição dos equipamentos e <i>stocks</i> de segurança.....	21
Figura 26 - Tempo total de avaria (h) por equipamento .....	22
Figura 27 - Percentagem de avarias por tipo .....	23
Figura 28 - Amostra de uma instrução de trabalho nível 1 .....	25
Figura 29 - Exemplo de um registo de execução das intervenções .....	25
Figura 30 - Esquema dos responsáveis pela manutenção .....	26
Figura 32 - Vista do menu referente à descrição da atividade a decorrer .....	28
Figura 31 - Armazém de peças .....	27
Figura 33 - Distribuição de avarias na lixa durante 17 meses .....	31
Figura 34 - Vista de cima da lixa e pormenores das várias secções .....	33
Figura 35 - Sistema de oscilação das folhas da lixa .....	37
Figura 36 - Dispositivo de verificação de colmatação dos filtros das mangas.....	38
Figura 37 - Aspeto do novo manual em comparação com o antigo plano de manutenção preventiva .....	41
Figura 38 - Modelo utilizado para registo de intervenções .....	43

Figura 39 - Modelo utilizado na manutenção preventiva (com <i>checklist</i> ) .....	43
Figura 40 - Plano Mestre da Manutenção com detalhe .....	56
Figura 41 - Esquema representativo das perdas relacionadas com o OEE.....	62



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Níveis de manutenção (Ferreira, 1998; GIAGI, 2007).....	9
Tabela 2 - Tempo total de paragem por bloco de equipamentos .....	23
Tabela 3 - Disponibilidade de sistema informático por posto (produção de placas).....	28
Tabela 4 - MTBF (ou MTTR) dos componentes com avarias registadas .....	32
Tabela 5 - Intervenções do antigo manual, estrutura da máquina, periodicidade mensal .....	34
Tabela 6 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção da estrutura da máquina.....	35
Tabela 7 - Intervenção nº2 do antigo manual, quadro elétrico, painel de comandos e circuito ....	35
Tabela 8 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção do quadro elétrico, painel de comandos e circuito .....	35
Tabela 9 - Intervenção nº2 do antigo manual, motores elétricos, periodicidade anual .....	36
Tabela 10 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos motores elétricos .....	36
Tabela 11 - Intervenção nº3 do antigo manual, linha de ar comprimido e comandos pneumáticos .....	37
Tabela 12 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção da linha de ar comprimido e comandos pneumáticos.....	38
Tabela 13 - Intervenção nº4 do antigo manual, filtros despoeiradores de mangas.....	38
Tabela 14 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos filtros despoeiradores de mangas .....	39
Tabela 15 - Intervenção nº6 do antigo manual, ventiladores de aspiração.....	39
Tabela 16 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos ventiladores de aspiração .....	39
Tabela 17 - Intervenção nº7 do antigo manual, elevadores e correntes de transmissão de movimento em automático .....	40
Tabela 18 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos elevadores e correntes de transmissão de movimento .....	40
Tabela 19 - Comparação do número de intervenções para a lixa <i>Zur'lan</i> entre o manual antigo e o atualizado.....	40
Tabela 20 - Tempos totais de execução da manutenção preventiva nível 2 (em minutos) por secção.....	42
Tabela 21 - Avarias ocorridas na lixa e sua descrição.....	45
Tabela 22 - Custos atribuíveis aos quatro cenários estudados.....	46
Tabela 23 - Comparação dos três cenários e três periodicidades .....	46
Tabela 24 - Lista de avarias registadas em 2014 e 2015 .....	58
Tabela 25 - Categorias de perdas consideradas no cálculo do OEE.....	63
Tabela 26 - Índice de ocorrência (adaptado de Baptista, 2007) .....	63
Tabela 27 - Índice de gravidade dos efeitos de falha (Palady, 1995). .....	64
Tabela 28 - Índice de detecção (Palady, 1995).....	65



# **1 Introdução**

## **1.1 Enquadramento do projeto e motivação**

A manutenção é uma área, que não destoando de qualquer outra área funcional de uma empresa, se encontra em constante evolução. A sua abordagem tem sofrido alterações significativas desde há cem anos. A execução vem sendo alterada por um grande desenvolvimento nos equipamentos, assim como em técnicas de análise e reparação. A própria gestão da manutenção tem vindo a sofrer mudanças, desde de um estado de praticamente inexistência, até complexos planeamentos baseados em históricos, condições e tendências.

Na Monteiro, Ribas unidade K reconhece-se também a necessidade de se fazer evoluir a área da manutenção a ritmo semelhante às outras áreas da empresa. Este projeto visa dar o seu contributo para tal pretensão.

A unidade K da Monteiro, Ribas, é caracterizada como sendo uma unidade industrial intensiva em equipamento. Verifica-se a existência de mais de 20 grandes equipamentos para um total de pouco menos de 40 trabalhadores.

O processo produtivo quer-se tão fluido quanto possível. Em tal alinhamento, a manutenção desempenha um papel importante. Uma manutenção adequada serviria de apoio às restantes atividades produtivas. À primeira vista pode-se pensar que existem atuações em conflito, nomeadamente na eventualidade de parar a produção para rotinas de verificação. Aí surge a necessidade de se pensar a longo prazo, e perceber que a prevenção da avaria, normalmente compensa mais do que a atuação após a sua ocorrência.

Por muito consensual que seja o papel da manutenção, regra geral nas empresas não é possível dispor de um orçamento ilimitado (tanto em investimento em recursos humanos, como materiais). Na Monteiro, Ribas (K) existem também essas exigências. Sendo assim, este projeto pretende dar o contributo para a implementação de hábitos de gestão preventiva de uma forma eficiente e simples, de acordo com a atual disponibilidade do setor da manutenção da empresa.

A empresa sentia também como lacuna o registo das avarias e intervenções. Seja para estudos mais profundos de manutenção, como para problemas burocráticos (seguros, serviços externos, garantias, etc.), o registo sistemático de todas as ocorrências, e a sua disponibilização de forma simples e acessível é fundamental.

## **1.2 A Empresa Monteiro, Ribas S.A.**

A Monteiro, Ribas S.A. é um grupo empresarial que opera em diversificados setores industriais. A sua sede localiza-se na cidade do Porto, Estrada da Circunvalação (Figura 1). Nesta localização encontra-se a maioria das suas unidades produtivas. O recinto possui cerca de 40 000 m<sup>2</sup>, e o grupo na sua totalidade emprega aproximadamente 350 pessoas.



Figura 1 - Vista aérea do recinto industrial da Monteiro, Ribas S.A. (destaque da unidade K)

As origens da Monteiro, Ribas remontam a 1937, como empresa dedicada ao setor de curtumes. Desde 1950 começou a diversificar as suas áreas de atuação, acabando por abandonar a atividade original na última década. No recinto atual localizam-se seis unidades distintas (Figura 2): embalagens flexíveis, revestimentos, placas de borracha (unidade K), componentes técnicos de borracha (unidade CTB), cogeração de energia e placas em borracha para reparação (*Woodmilne*). A Flexocol, adquirida em 1973, tem as suas instalações em Leça do Balio.

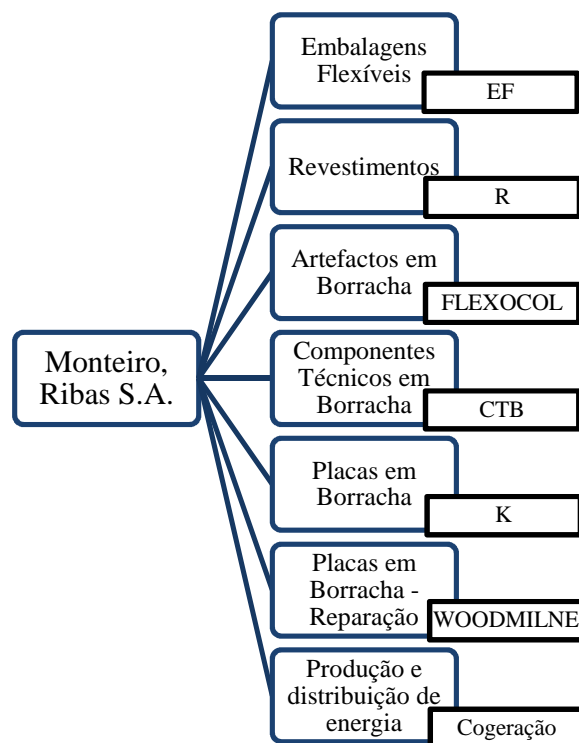


Figura 2 - Unidades da Monteiro, Ribas S.A.



A unidade K (de *Kautschuk* – borracha em alemão) iniciou a sua atividade em 1961, com a produção de pranchas para solado e solas moldadas. A área de negócio mantém-se inalterada desde então. O início de operações da unidade K marcou a entrada da Monteiro, Ribas S.A. na indústria da borracha.

Atualmente a unidade K dispõe de aproximadamente 40 trabalhadores, e é responsável por cerca de 10% da faturação do grupo.

### 1.3 Objetivos do projeto

O projeto pretende dar um contributo para a evolução do setor da manutenção da unidade K da Monteiro, Ribas S.A. Os objetivos são definidos como sendo:

- Diagnóstico da atual situação da manutenção;
- Revisão e informatização dos manuais de manutenção preventiva dos equipamentos;
- Criação de instruções para os equipamentos recentes ou renovados;
- Criação de um plano de manutenção dirigido para o nível 1 (produção) e nível 2 (manutenção);
- Estabelecimento de um sistema inicial de histórico e registo de intervenções em equipamentos.

### 1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação é composta por cinco capítulos: introdução (1), estado da arte (2), descrição do contexto e diagnóstico (3), soluções e propostas de melhoria (4) e conclusões e trabalhos futuros (5).

No capítulo 1 é descrito brevemente o contexto do projeto, bem como a apresentação da empresa onde foi realizado; são também explicitados os objetivos do projeto.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica. Inicia com um enquadramento das temáticas relacionadas com a manutenção, e da contextualização com a filosofia *Lean*, nomeadamente o *Toyota Production System* (TPS). Aprofunda-se em sequência o tema da manutenção e a sua componente prática. Explicitam-se os vários tipos e níveis de manutenção, alguns conceitos/termos base e os custos da sua aplicação. Descrevem-se ainda algumas noções acerca da gestão e organização da manutenção, nomeadamente na sua vertente preventiva, e termina-se com a referência a modelos de gestão da manutenção, mais concretamente o TPM (*Total Productive Maintenance*).

No capítulo 3 é descrito o contexto da empresa. Pormenoriza-se o processo de fabrico, com enumeração dos equipamentos que irão ser eventualmente mencionados no plano de manutenção. De seguida relaciona-se o efeito da ocorrência de avarias com a linha de produção. É também diagnosticado o atual estado da manutenção, assim como a sua evolução nos últimos 10-15 anos. Termina-se o capítulo com um diagnóstico das avarias recentes e a sua distribuição por equipamento.

No capítulo 4 são apresentados com detalhe as soluções propostas e o trabalho desenvolvido. Encontrar-se-á o resultado da metodologia aplicada, na forma dos manuais revistos, e explicação para as adições, atualizações ou remoções ao antigo manual. Também será disponibilizado um plano anual de manutenção, com atenção às durações previstas de cada intervenção. Também se detalham os modelos a usar no registo da manutenção preventiva e corretiva (ou qualquer outra intervenção nos vários componentes). Continua-se com uma breve análise às avarias ocorridas nos últimos 18 meses na máquina de lixar *Zur'lan*, e com a análise financeira à aplicação da manutenção preventiva.

O último capítulo, 5, é reservado para conclusões e observações finais, e algumas propostas para trabalhos futuros.

## 2 Manutenção

### 2.1 Definição

Segundo a norma Europeia EN 13360, *Manutenção* pode ser definida como "Combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um objecto, com a finalidade de o manter ou restaurá-lo para um estado em que seja capaz de executar a função exigida".

Existem algumas variações no conceito. Segundo Frank (1962) a reparação e a substituição de componentes de um equipamento/sistema de forma a restaurar o seu estado original pode ser considerado manutenção. A limpeza é normalmente também considerada como parte da manutenção.

Cabral (2006) define manutenção como o conjunto de iniciativas/ações efetuadas em equipamentos ou instalações, tomadas de forma a assegurar o seu bom funcionamento, prevenindo a avaria ou o baixo rendimento. A reposição da normalidade deve ser efetuada tendo em conta o custo e o tempo de reparação.

### 2.2 Importância e evolução

A importância dada à manutenção tem sofrido alterações frequentes nomeadamente desde a 2ª Guerra Mundial (Figura 3). Transformou-se de um “mal necessário”, com a existência de intervenções estando dependente do aparecimento de avarias e pouca ou nenhuma preocupação com otimização, até algo mais complexo, cujo papel surge alinhado com os interesses da gestão de topo, e ligado a todas as outras áreas da empresa (Kobbacy e Murthy, 2008).

Podem-se considerar três fases na evolução da manutenção na indústria (Kobbacy e Murthy, 2008):

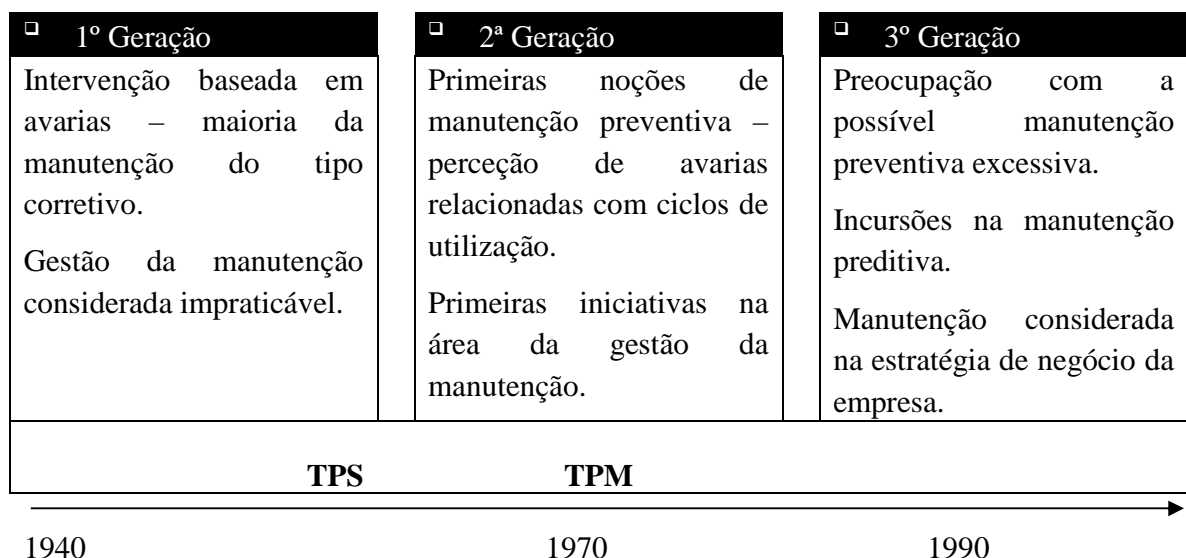


Figura 3 - Evolução da manutenção

A evolução da manutenção tem ocorrido de forma paralela às mudanças na abordagem à gestão. A filosofia e práticas de gestão mais implementadas atualmente têm a sua gênese no *Toyota Production System*.

### 2.3 Toyota Production System

Sistema desenvolvido a partir da década de 1930 e aperfeiçoado ao longo das décadas seguintes. Rompeu com o paradigma da linha de produção de Ford, introduzindo conceitos que iriam revolucionar o fabrico e tornar-se o modelo para grande parte das empresas.

Podem-se distinguir as áreas fundamentais que regulam a estratégia da Toyota:

- **A eficiência vs. pertinência** – produzir o máximo possível, melhora a taxa de utilização da máquina; no entanto pode provocar a sobreprodução. Segundo o TPS, é preferível parar de produzir (mesmo mantendo as máquinas e os operários inoperacionais) do que produzir sem procura (Liker, 2004).
- **A importância do fluxo** – perceber os processos como um fluxo contínuo, e desse modo identificar as suas falhas. Introdução do mecanismo *pull* (o indutor para o avanço do fluxo parte de jusante) (Liker, 2004).
- **Adicionar valor à organização através do desenvolvimento das relações com parceiros e trabalhadores** – disponibilização de ferramentas para apoio e envolvimento das pessoas na identificação de oportunidades de melhoria (Liker, 2004). Implica ao mesmo tempo a transferência de mais responsabilidade para os colaboradores (Womack *et al*, 1991).
- **Melhoria contínua** - encontrar e resolver os problemas até à sua origem impulsiona a aprendizagem da organização; o foco da Toyota é identificar e solucionar os problemas, evitando que voltem a acontecer (Liker, 2004).

Estas áreas podem ser representadas por oito indícios de desperdícios (Ohno, 1988), normalmente identificadores de atividades sem valor acrescentado.

1. **Produzir em excesso** – produção não encomendada. Gera desperdícios e aumenta os custos de armazenamento.
2. **Atrasos e tempos de espera sem valor acrescentado** – operadores parados à espera que a máquina acabe o processo, ou falta de encomendas, gargalos e avarias de equipamento.
3. **Transporte** – transportar sem necessidade produtos em curso durante longas distâncias.
4. **Processamento excessivo ou incorreto** – processamento desnecessário. Processamento incorreto devido a falhas de equipamentos ou má conceção de produto.
5. **Inventário em excesso** – matérias-primas, em curso ou produtos acabados. Causam *lead time* superiores, obsolescência/depreciações, produtos danificados e custos acrescidos de armazenamento e transporte.
6. **Movimentos desnecessários** – dos operários. Movimentos para alcançar, procurar, empilhar ou até caminhar são desperdício.

7. **Defeitos** – a produção de componentes/produtos defeituosos exigem reparação e retrabalho.
8. **Criatividade dos colaboradores mal aproveitada** – perda de tempo, ideias, habilidades e melhorias, assim como capacidade de aprendizagem, por falta de envolvimento.

A exigência para cumprir semelhantes pressupostos é elevada; a noção de melhoria progressiva (contínua) ajuda a atenuar a possível sensação de impossibilidade de tamanha tarefa. Nesse sentido, o contributo da manutenção não pode ser menosprezado, nem reduzido a uma atividade cuja intenção está relacionada apenas com a resolução de problemas no momento em que eles surgem. Os tópicos 2, 4 ou 7 estão bastante ligados à manutenção. Para atingir os objetivos do TPS, os equipamentos deveriam estar idealmente sempre funcionais. Uma aproximação a tal meta requer um esforço dedicado à manutenção com igual importância que qualquer área funcional da empresa.

## 2.4 Tipos de manutenção

A divisão da manutenção em diferentes tipos (Figura 4) é apresentada de forma distinta consoante o autor. No entanto, é do consenso geral que a origem da divisão está na atitude perante a manutenção. Planeado/Proativo em contraste com o Não Planeado/Reativo.

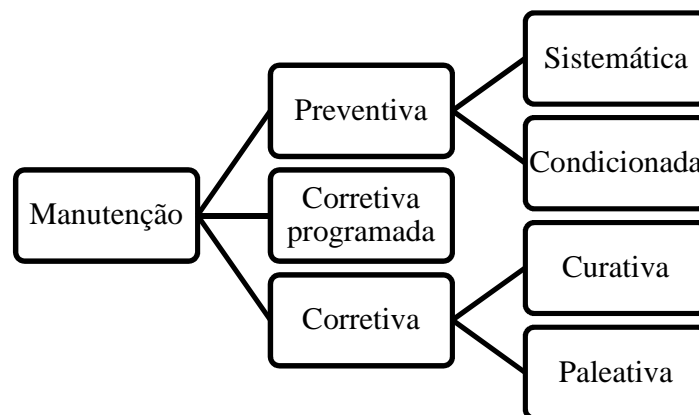


Figura 4 - Tipos de manutenção (GIAGI, 2007)

### 2.4.1 Manutenção Preventiva

Tem por objetivo evitar a ocorrência de avarias, assegurando assim o processo dos equipamentos sem interrupções abruptas. Pressupõe análises de previsão, fiabilidade, financeira, de forma a identificar soluções viáveis.

A diminuição das avarias minimiza consequentemente os tempos de paragem dos equipamentos e, por outro lado, maximiza a sua disponibilidade para a produção, fator essencial para a eficiência da organização. Tratando-se de atividades planeadas, permite a racionalização dos meios técnicos, diminuindo os custos envolvidos. Subdivide-se em dois tipos, sistemática e condicionada (Pinto, 2002).

### **Manutenção Preventiva Sistemática**

A manutenção sistemática é a expressão da manutenção preventiva que pressupõe uma periodicidade fixa e definida. Tem como objetivo manter o sistema/equipamento em condições semelhantes ao seu estado inicial. As suas periodicidades podem ser definidas através de (Ferreira, 1998):

- **Tempo absoluto** - calendário;
- **Tempo relativo** - unidades de utilização (Km, horas).

### **Manutenção Preventiva Condicionada**

A manutenção condicionada é uma expressão alternativa da manutenção preventiva. Também denominada de preditiva. O principal fundamento prende-se com a atuação sobre determinado equipamento naquele que se pode considerar como momento ótimo. Este momento é decidido com base em parâmetros funcionais do equipamento, sendo tomada a decisão quando são exibidas evidências de avaria iminente ou é atingido um nível de desgaste pré-definido (GIAGI, 2007). A necessidade não parte de uma avaria, mas do indício (temperatura, ruído, vibração ou previsão com base estatística). A sua aplicação requer (Ministério da Indústria e Energia, 2000):

- Detecção do efeito de avaria;
- Análise de tendência;
- Diagnóstico;
- Reparação programada.

Havendo os meios técnicos e humanos, esta é a forma de manutenção mais recomendada, pois maximiza a vida útil dos componentes, contribuindo para o menor gasto em peças sobresselentes; evita ainda potenciais intervenções sem utilidade por parte da manutenção sistemática

#### **2.4.2 Manutenção corretiva**

A intervenção corretiva realiza-se após a ocorrência da avaria, e tem por objetivo o restauro do equipamento para funções de operacionalidade. O seu carácter imprevisível é propício a custos elevados, nomeadamente no caso de falta de peças, transporte não planeado e dificuldade na deteção de defeito.

### **Manutenção Curativa**

Realizada após a deteção da avaria ou mau funcionamento. Estas intervenções são regra geral não recomendadas. O seu acontecimento súbito gera alguns inconvenientes como a não disponibilidade imediata de equipa de manutenção ou a avaliação apressada do problema. A impossibilidade da deteção antecipada de problemas pode levar a que este tipo de manutenção seja por vezes a única solução.

## Manutenção Paliativa

Acontece também depois de ocorrida a avaria. Distingue-se da curativa por representar uma solução de recurso e por vezes temporária. Exige uma intervenção curativa em sequência, cuja programação deve ser efetuada (GIAGI, 2007).

### 2.5 Níveis de manutenção

Existem 5 níveis comuns de manutenção, cuja hierarquia foi criada tendo em conta a complexidade e importância das tarefas, os meios disponíveis e o nível de competência para a execução de cada uma (Tabela 1).

Tabela 1 - Níveis de manutenção (Ferreira, 1998; GIAGI, 2007).

#### □ 1º Nível

Afinações simples previstas pelo fabricante do equipamento. Intervenções que não requeiram a abertura ou desmontagem; substituição de consumíveis com boa acessibilidade.

- Operador do equipamento.

#### □ 2º Nível

Intervenções relacionadas com a manutenção preventiva (verificações de funcionamento, lubrificação), ou outras cujas reparações ou substituições sejam baseadas em elementos *standard*.

- Técnico de manutenção habilitado (em alguns casos o operador).

#### □ 3º Nível

Pressupõe o diagnóstico, localização e reparação das avarias, através da substituição por componentes funcionais; reparações mecânicas simples ou intervenções relacionadas com a manutenção preventiva.

- Técnico ou equipa de manutenção especializada.

#### □ 4º Nível

Trabalhos importantes relacionados com intervenção corretiva, curativa e preventiva (não inclui renovação/reconstrução de equipamentos).

- Equipa técnica de manutenção especializada.

#### □ 5º Nível

Renovação, reconstrução ou outras intervenções importantes. Trabalhos realizados em oficina central ou subcontratados.

---

## 2.6 Conceitos e termos base em manutenção

### 2.6.1 Fiabilidade

Corresponde à probabilidade de certo sistema/componente se manter operacional, cumprindo as funções para o qual é destinado, em determinado período de tempo. É representado por  $R(t)$ . O oposto da fiabilidade é a não fiabilidade, definido pela probabilidade do sistema/componente falhar as suas funções em determinado período de tempo. É representado por  $F(t)$ .

### 2.6.2 Manutibilidade

É caracterizada como a duração das tarefas de manutenção em determinado sistema/equipamento. É uma característica da construção e conceção, e caracteriza o grau de facilidade com que as intervenções de manutenção são executadas (Pinto, 2002).

### 2.6.3 Disponibilidade

É a percentagem do tempo durante o qual o equipamento/sistema se encontra em funcionamento (Pinto, 2002). Relaciona-se com os indicadores (Figura 5) extraídos da fiabilidade - *Mean time between failures* (MTBF) - e manutibilidade - *Mean Time To Repair* (MTTR). A disponibilidade pode ser afetada por várias ocorrências, chamadas de perdas, como avarias, ajustes e tempos de *setup*. É atualmente um indicador cada vez mais usado em empresas. Uma versão alternativa da disponibilidade está presente no anexo F, e relaciona-se com o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

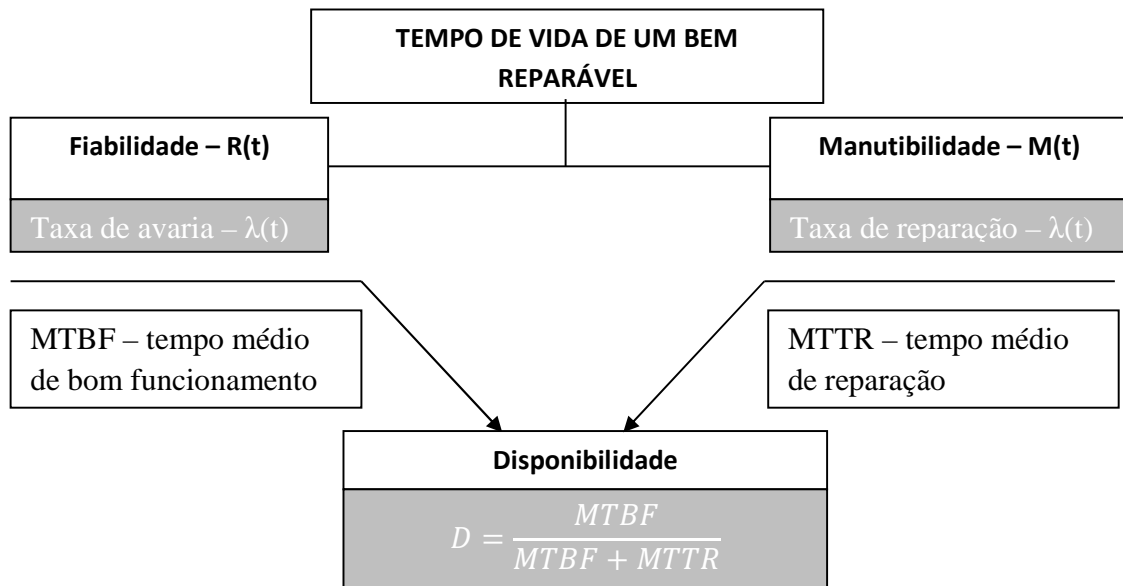


Figura 5 - Representação dos conceitos básicos da manutenção (adaptado de Ferreira, 1998)



## 2.7 Custos da manutenção

A importância da manutenção junto da gestão das empresas tem vindo a crescer, muito por culpa da consciencialização dos custos dela resultante; estes podem estar relacionados com as consequências da manutenção insuficiente (custos resultantes da indisponibilidade), ou simplesmente pelos seus custos de aplicação (Pinto, 2002).

O ideal seria a aplicação da manutenção na sua forma mais completa. No entanto, os orçamentos limitados apresentam uma restrição (Figura 6). Essa circunstância cria assim oportunidade para o estudo dos custos e obtenção do nível ótimo de manutenção. Os custos de manutenção, embora implícitos, são considerados nos custos finais do produto, sendo que em consequência deve existir uma organização racional e económica da manutenção (Ferreira, 1998).

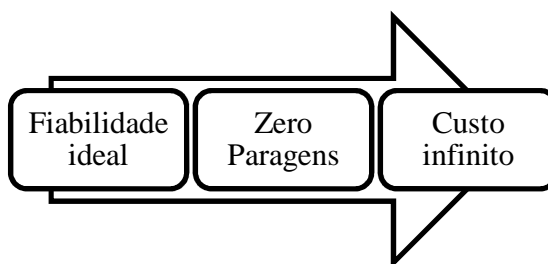


Figura 6 - Representação do custo-fiabilidade ideal (adaptado de Almada-Lobo, 2014)

A necessidade de se atingir um compromisso leva à análise dos vários tipos de custo relacionados com a execução da manutenção.

### 2.7.1 Custos diretos

Os custos diretos são normalmente de fácil identificação e de quantificação simples. Englobam:

- Custos com mão-de-obra;
- Custos de armazenamento de matérias-primas relacionadas com a manutenção;
- Contratos de manutenção externa (contratos e trabalhos);
- Custos de amortização;
- Despesas gerais da manutenção;
- Consumo de matérias-primas (consumíveis) e peças de substituição.

### 2.7.2 Custos indiretos

Já os indiretos são de identificação e quantificação mais exigentes. Estão na sua maioria relacionados com custos de oportunidade; correspondem às perdas atribuíveis à falta da manutenção (Pinto, 2002). Também podem ser denominados como Custos Indiretos de Paragem de Produção (Ferreira, 1998):

- Produtos não fabricados;
- Mão-de-obra parada (produção);
- Amortização de equipamentos inativos;
- Outras despesas ou perdas (imagem, compensação a clientes por prazos quebrados, defeitos, etc.);
- Despesas com arranque de processo de produção (*Setup*).

## **2.8 Organização da manutenção**

Com o objetivo de se cumprir a função da manutenção, cada empresa dispõe de meios humanos e materiais, que sendo limitados, necessitam de uma boa gestão (Pinto, 2002).

### **2.8.1 Planeamento e registo da manutenção**

Quanto à organização, estabelece-se como passo inicial a elaboração de um plano de manutenção. Para além de períodos de realização, devem também ser definidos os meios materiais e humanos, assim como o tempo previsto de realização (Pinto, 2002).

A execução de um plano de manutenção requer os seguintes pressupostos (Evans, 1961):

- Registo da manutenção (2.8.2);
- Planeamento entre os departamentos da manutenção e produção;

Idealmente deveria haver colaboração entre a gestão da produção e a gestão da manutenção. Sabendo à partida que as ações de manutenção tornam-se restrições à produção, o plano de manutenção deve ser elaborado de forma a ter em conta as necessidades de ambos (Pinto, 2002).

- Executantes do plano;
- Um plano de inspeções e verificações adequado;
- Um bom programa de manutenção corretiva;
- Gestão adequada.

Algumas fontes consultadas relatam que o tempo despendido em manutenção preventiva em relação ao tempo total de manutenção varia entre 10 e 20%. (Carminé, 1956) (Evans, 1962) Outra fonte refere que o tempo utilizado em manutenção preventiva rondava 30% do tempo total (Call, 2007).

### **2.8.2 Registo histórico e base de dados para a manutenção**

A criação de um sistema de registo histórico das intervenções da manutenção e avarias é uma tarefa essencial. Só assim, através da sua análise e estudo se pode ambicionar alcançar melhorias e atingir a evolução da área da manutenção (Pinto, 2002). Os campos a incluir, e por consequência informações a extrair incluem-se nos seguintes tópicos (Figura 7):

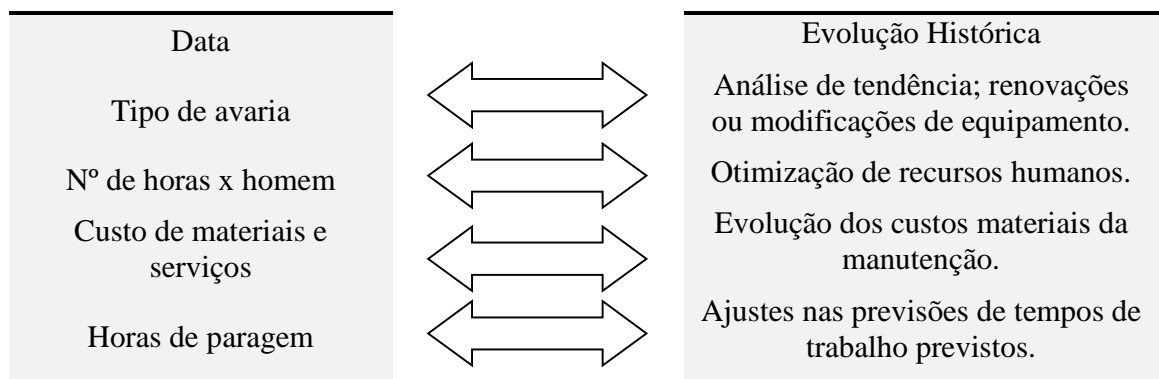


Figura 7 - Registo e consequente utilidade (adaptado de Ferreira, 1998; Pinto 2002)

A criação de um plano de manutenção preventiva é um processo iterativo. Só após a aplicação de uma primeira versão, se pode constatar se a sua pertinência é a mais adequada. As condições reais de funcionamento podem-se verificar diferentes daquelas consideradas na fase de conceção do plano. Para avaliar o seu efeito, surge a necessidade de se obterem dados completos e fiáveis relativos ao funcionamento das máquinas - avarias, consequências, custos de manutenção, etc. (Duarte et al, 2013).

O registo torna-se essencial para a avaliação da efetividade do plano de manutenção. Na verdade, um plano de verificação que não detete qualquer avaria não está a ser eficaz (Call, 2007). De forma a reformular e rever o plano, como alterações das periodicidades se pertinente, o suporte será fornecido por um sistema de registo completo.

## 2.9 Modelos de Manutenção - TPM (*Total Productive Maintenance*)

O sucesso da Toyota foi reconhecido por outras empresas japonesas, e a disseminação do TPS aos fornecedores, assim como publicações de Taiichi Ohno, levaram à criação de um sistema formal (Monden, 1983). No início da década de 1970, *Nippondenso*, um fornecedor de componentes automóveis no Japão, apercebeu-se que até que sistematicamente fossem eliminadas as causas do mau desempenho dos equipamentos, não conseguiam cumprir o JIT, melhorar os índices de qualidade, baixar os custos e aumentar os lucros. Uma vez que o TPS estava focado na eliminação do desperdício e redução dos custos de produção, o TPM foi desenvolvido para identificar e eliminar as perdas relacionadas com equipamento (*downtime*, ineficiências, defeitos) (McBride, 2004).

### 2.9.1 Causas dos problemas

Segundo Fujikoshi (1990) as causas para ineficiências estão relacionadas com:

- **Avarias no equipamento;**

Coloca-se a questão da idade dos equipamentos. A solução imediata é a substituição por equipamentos mais recentes. Isso implica um grande investimento, na maior parte das vezes incompatível com orçamentos apertados. Somado a isso, o problema das avarias é de difícil compreensão. Nem mesmo os técnicos da manutenção conseguem muitas vezes identificar a

causa específica da avaria. À falta dessa informação, é óbvia a sugestão pela mudança total ou substituição do componente ou equipamento.

- **Falta de competência nas mudanças ou *setup*;**

Regra geral, os operadores de determinado equipamento são experientes e dominam completamente o seu funcionamento. No entanto, não é incomum outros operadores com menos experiência em determinado equipamento serem alocados em fases de maior produção, ou devido a ausência do operador regular. Ainda que o conhecimento básico esteja lá, os pequenos ajustes e a atenção ao detalhe estão ausentes nos operadores não permanentes.

- **Tempo de ciclo das máquinas;**
- **Micro Paragens;**
- **Defeitos;**

Existem casos de defeitos crônicos. Exige a identificação da sua origem, e a compreensão da sua eliminação. Por vezes a incompatibilidade de equipamentos de diferentes idades está na sua base. De qualquer das formas, sem a completa compreensão dos problemas de funcionamento em determinado equipamento, a exigência de objetivos ao operador que não se conseguem cumprir não passam de utopias, e que em nada beneficiam o processo.

- ***Bugs/Desmazelo***

Ocorrências que resultam da falta de zelo ou descuido por parte dos operadores e que põem em causa o bom funcionamento dos mecanismos. Por exemplo, aparas depositadas por falta de limpeza, depósitos abertos. Estes acontecimentos partem muitas vezes da atitude do operador em relação ao equipamento. A noção de que o equipamento é antigo e inevitavelmente terá avarias é um inibidor de atitudes de cuidado.

Existe também a mentalidade de que a manutenção e a operação do equipamento devem ser exclusivas. Cabe ao departamento da manutenção a reparação, e o operador não tem obrigação de interferir na manutenção.

### **2.9.2 Objetivos do TPM**

Uma versão simplificada do TPM, e presente em Fujikoshi (1990), assinala a existência de 5 estratégias/objetivos. São elas:

1. Maximizar o OEE (*Overall Equipment Efficiency*) - Anexo F - através do envolvimento total dos trabalhadores;
2. Melhorar a fiabilidade e manutenção dos equipamentos e aumentar a produtividade;
3. Visar a máxima economia no equipamento e manutenção durante todo o seu ciclo de vida;
4. Desenvolver competência e adquirir conhecimentos relacionados com o equipamento por parte dos operadores;
5. Criar um ambiente de trabalho positivo e empenhado.

Todos estes tópicos podem ser resumidos (e estruturados) naquilo que é conhecido como “Casa do TPM” (Figura 8). Os pilares representam as estratégias para atingir aos objetivos (telhado). A base apresenta as condições necessárias para aplicação dos pilares.

### 2.9.3 Estrutura do TPM

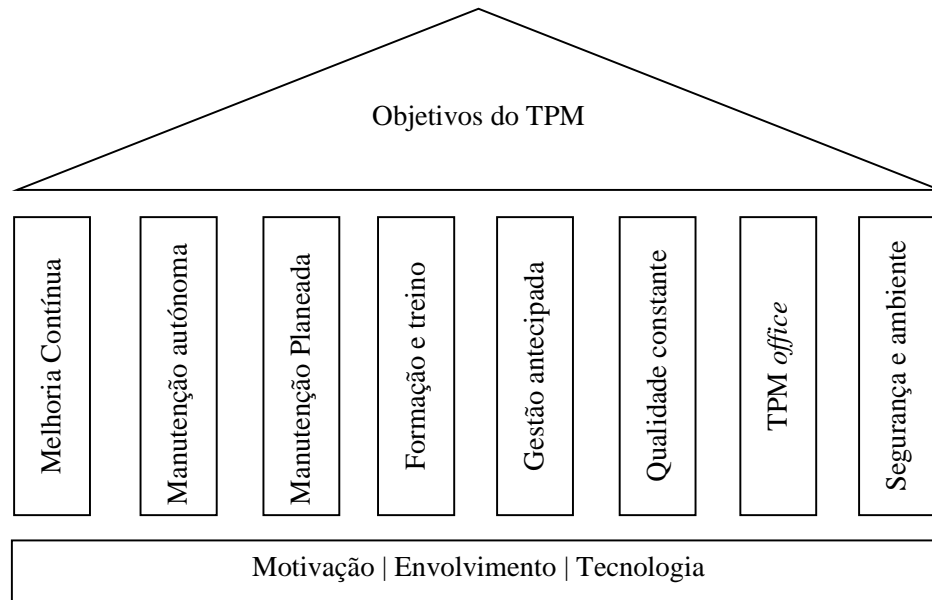


Figura 8 - A estrutura do TPM (adaptado de Fukishoki, 1990; Ahuja e Khamba, 2008)

### 3 Descrição do problema

A unidade K da Monteiro, Ribas dispõe de um conjunto de cerca de 30 grandes equipamentos nos quais se sente um défice de manutenção preventiva. O parque industrial foi sendo expandido desde a abertura da unidade, mas todos os equipamentos possuem idade suficiente para serem considerados como tecnologia madura. Os tópicos seguintes farão uma descrição dos produtos, do processo produtivo e os equipamentos associados. Os turnos de produção são os seguintes:

- Turno 1 (produção completa) | 7:00-15:30
- Turno 2 (apenas vulcanização) | 15:30-24:00

#### 3.1 Produtos fabricados

##### 3.1.1 Placas para sola de calçado

Na Monteiro, Ribas, unidade K, são produzidas placas de borracha (Figura 9) que irão dar origem a solas de calçado (Figura 10). Por sua vez, os clientes cortam e elaboram as solas a partir das placas. O material produzido pode variar consoante a concentração e a natureza dos polímeros e adição de outros componentes auxiliares.



Figura 9 - Placas de borracha produzida na Monteiro, Ribas



Figura 10 - Sola cortada a partir de uma placa

##### 3.1.2 Borracha para a unidade CTB

Na unidade K é também produzida borracha que irá ser utilizada como matéria-prima pela unidade CTB. Os equipamentos utilizados são semelhantes ao da produção da borracha para placas, mas são exclusivos.

#### 3.2 Processo de fabrico

Existem duas linhas de produção: uma para o fabrico de placas de borracha (Figura 11 e Figura 12), outra para o fabrico de tira de borracha usada como matéria-prima pela CTB (Figura 12). Os equipamentos nunca são partilhados. Antes do primeiro passo, a matéria-prima é elevada por monta-cargas do armazém até ao segundo piso. A partir daí dá-se o início dos processos.

### 3.2.1 Placas de borracha

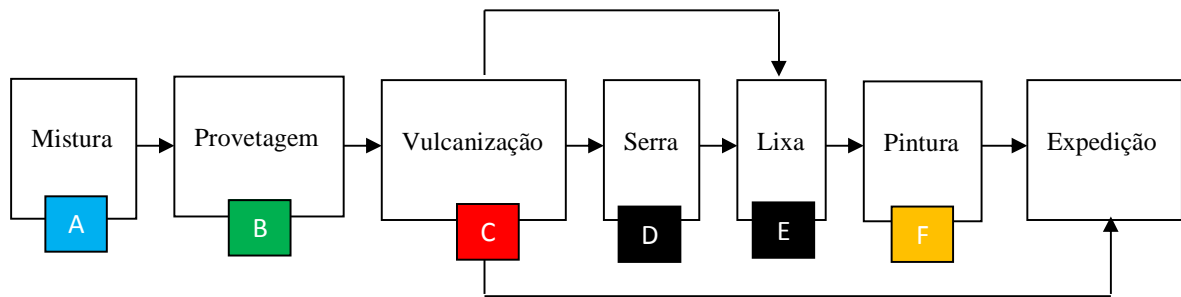


Figura 11 - Fluxograma representando processo de fabrico das placas de borracha

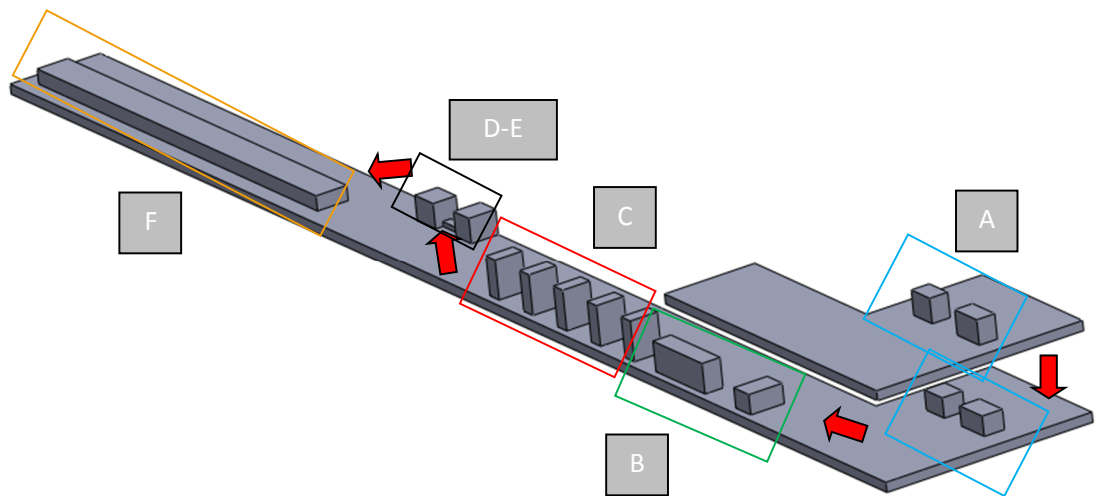


Figura 12 - Representação simplificada do layout de fabrico

A	B	C
Misturador interno <i>Werner</i> (1307) Misturador interno <i>Guix</i> (797)	Misturador aberto <i>Benfica</i> (1095) Extrusora <i>Farrel-Bridge</i> (959) Roller Head (960) Grupo arrefecimento (975) Guilhotina (964)	Prensa <i>Guix</i> (796) Prensa <i>Dieffenbacher</i> (895) Prensa <i>Dieffenbacher</i> (1502) Prensa <i>Mapelli</i> (1427)
D-E	F	
Serra <i>Fecken-Kirfel</i> (1930) Lixa <i>Zur'lan</i> (1601)	Máquina Lavar (3027) Forno UV (1530) Forno IRK x4	Arrefecedores x4 Máquina Gofrar Máquina Pintura (N1, 3037, 3033)

O número colocado em frente ao nome do equipamento corresponde ao código oficial atribuído na empresa. Os termos calandra e misturador aberto são considerados sinónimos;



❶

Depois de recebidas as matérias-primas, o primeiro passo consiste na seleção e pesagem (Figura 13) dos vários componentes de cada carga. As pesagens são efetuadas em três zonas diferentes (minoritários, polímero de borracha e outros). A primeira mastigação ocorre num misturador interno que opera por partidas.



Figura 13 - Pesagem de um componente

❷

Após seleção dos componentes para a carga a produzir, estes são introduzidos no misturador interno *Werner* (Figura 14).

Aí a homogeneização dos componentes resulta da pressão e movimento de dois rotores paralelos. Os tempos de mistura de cada carga no misturador variam consoante a composição da mistura.



Figura 14 - Misturador interno *Werner & Pfleiderer*

❸

De seguida a carga é descarregada por gravidade sobre os cilindros da calandra *Guix* situada no piso inferior (Figura 15). Esta fase tem por objetivo a criação de uma manta lisa pouco espessa e homogénea, enquanto promove o arrefecimento da mistura, indispensável ao controlo do processo por ação de água arrefecida que circula no interior dos cilindros.



Figura 15 - Calandra *Guix* com manta de borracha

❹

A borracha é transportada por um tapete da primeira calandra até à segunda (Benfica-1095) (Figura 16). Durante o percurso, a borracha arrefece. Esse facto é minimizado pela ação da 2ª calandra, onde ocorre o reaquecimento. De seguida, e ainda no mesmo equipamento, são colocadas duas lâminas (facas) paralelas, num plano perpendicular, para cortar a borracha em tiras.



Figura 16 - Misturador aberto *Benfica*



5

A borracha em tira é conduzida através de um tapete rolante e alimentada na câmara da extrusora (Figura 17). Da extrusora, a borracha passa pela *roller head*, pelo líquido desmoldante, pelos cilindros de arrefecimento, até ser cortada em placas na guilhotina. As placas são em sequência pesadas e empilhadas. Todo este processo é denominado na fábrica como provetagem.



Figura 17 - Vista do fuso da extrusora

6

As paletes de placas são transportadas por empilhador para junto das prensas (Figura 18). Nas prensas irá ocorrer a moldagem/vulcanização. Cada prensa dispõe de seis pratos, podendo vulcanizar até 6 moldes simultaneamente. Os pratos são aquecidos a vapor e a pressão resulta de uma atuação hidráulica.



Figura 18 - Sequência das prensas

7

As placas vulcanizadas podem ir diretamente para a lixa (Figura 19), ou passar pela serra. Quando a espessura das placas o permite, opta-se por vulcanizar duas placas em cada prato. Na serra, a placa única volta a dar origem a duas, através de um corte no sentido longitudinal. Da serra, as placas são transportadas para a lixa. À saída da lixa as placas voltam a ser empilhadas.



Figura 19 - Serra e Lixa

8

A fase final é denominada por pintura (Figura 20). Este processo compreende uma fase de preparação da superfície (máquina de lavar, forno UV e IR), aplicação da tinta e secagem (IR). Podem ser aplicadas até três camadas de tinta. Por vezes, para proteção do acabamento, é aplicado um filme adesivo numa máquina automática.



Figura 20 - Linha de pintura

### 3.2.2 Borracha para CTB

❶

Semelhante ao ponto 1 do processo anterior. O início dá-se na seleção e pesagens dos componentes (maioritários, minoritários e polímero). Os diferentes componentes são de seguida introduzidos num misturador interno (Figura 21).

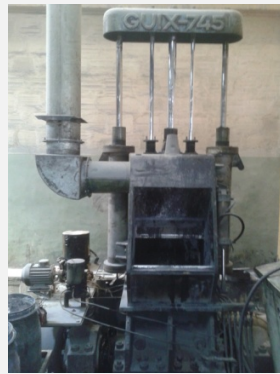


Figura 21 - Misturador interno (Guix)

❷

Depois de atingidas temperaturas para uma boa homogeneização, o produto é descarregado no equipamento seguinte, o misturador aberto Benfica (Figura 22). Dá-se a mistura adicional, a criação da manta lisa, e ainda no mesmo equipamento são colocadas as lâminas que cortarão a borracha numa tira.



Figura 22 - Calandra (misturador aberto Benfica)

❸

A tira saída do misturador aberto é transportada por um equipamento arrefecedor (Figura 23). Este arrefecimento é obtido pela passagem em líquido desmoldante, e por um percurso constituído por quatro ventiladores.



Figura 23 - Sistema de arrefecimento

❹

A tira de borracha fria é depois retirada do equipamento e depositada em caixotes (Figura 24), prontos a serem encaminhados para a CTB.



Figura 24 - Tira de borracha para CTB

### 3.2.3 Efeito da paragem na linha de produção

A avaria de determinado equipamento pode ter efeito em toda a linha de produção. Esse efeito é representado na Figura 25, onde são expostos os equipamentos a trabalhar em série sem *buffer* (*stock* de segurança) e em paralelo.

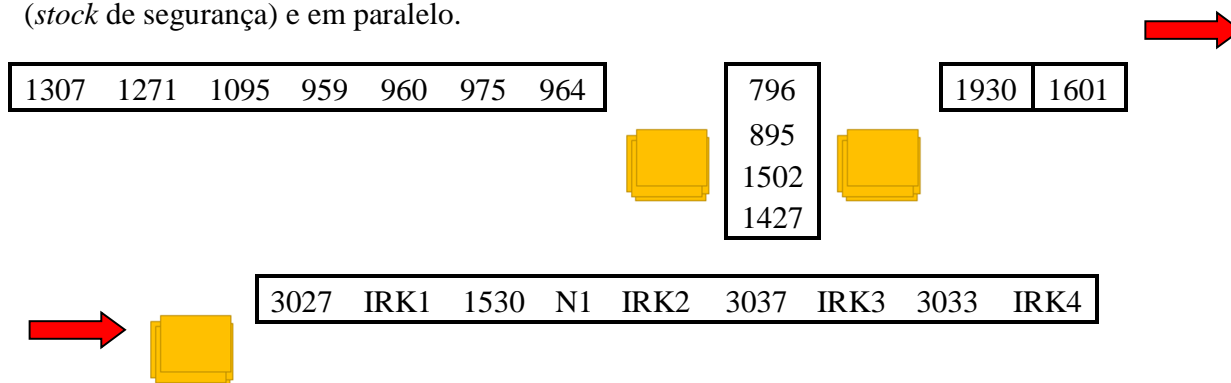


Figura 25 - Disposição dos equipamentos e *stocks* de segurança

Qualquer avaria ocorrida entre 1307 e 964 resulta na paragem dessa linha de equipamentos. Paragens nas prensas (796 a 1427) não afetam a restante linha (no imediato). A avaria na serra (1930) tem efeito na lixa (1601) e vice-versa (na necessidade de passagem pelos dois). Qualquer avaria na linha de pintura (3027 a IRK4) resulta na paragem dessa sequência apenas.

A linha de produção de borracha para CTB inclui três equipamentos. A avaria de um significa a paragem de toda a linha.

### 3.3 Avarias e tempos de paragem

A ausência de um registo sistemático dificultou o acesso à informação sobre as avarias. À falta de registo completo e acessível do número e tipo de avarias, a alternativa foi a utilização de alguns documentos soltos, e cruzamento de dados. Os dados recolhidos são referentes ao ano de 2014 e primeiros cinco meses de 2015. Depois de tratados os dados, obteve-se o tempo total de avaria por equipamento (Figura 26).

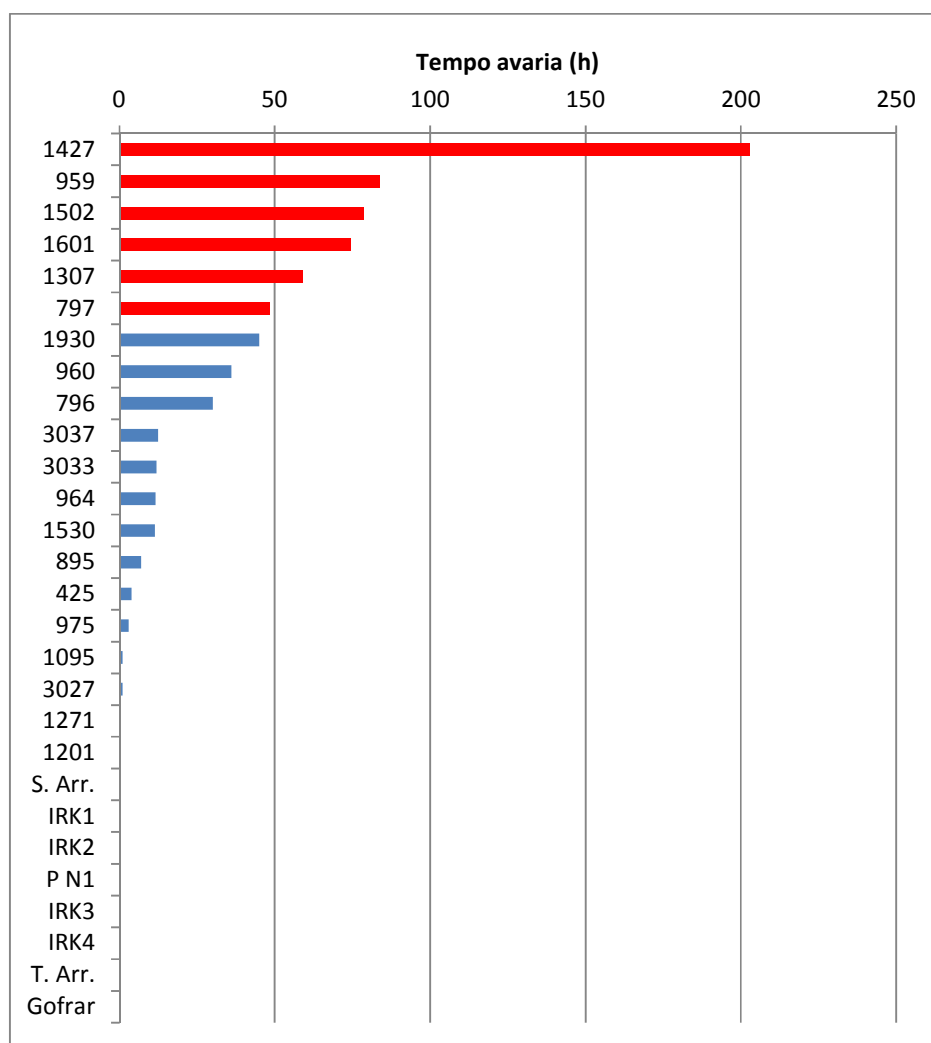


Figura 26 - Tempo total de avaria (h) por equipamento

São contabilizados 28 equipamentos. Os que se verificam mais problemáticos são a prensa *Mapelli* 1427 (única das prensas hidráulicas que não funciona a óleo), com 211 horas parada por avaria; a extrusora *Farrel-Bridge* 959 com 86 horas, a prensa *Dieffenbacher* 1502 com 80 horas e a máquina lixadora *Zur'lan* 1601 com cerca de 80 horas também.

Os 6 equipamentos onde se regista maior tempo de avaria ( $\approx 20\%$  do número total) contabilizam perto de 80% do tempo total ( $\approx 76\%$ ).

Recorrendo às avarias em que se conseguiu identificar o seu tipo, também se fez uma disposição percentual da sua distribuição (Figura 27).

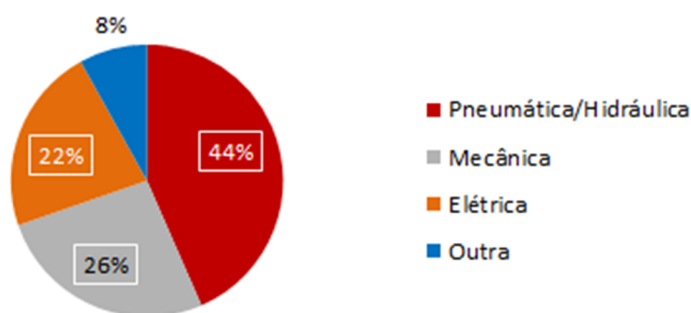


Figura 27 - Percentagem de avarias por tipo

As avarias mecânicas estão em maioria com 44%, seguidas das pneumáticas/hidráulicas e elétricas com cerca de 20%. Seguem-se outras com 8%.

A avaria em determinado equipamento resultou por vezes na paragem de parte da linha de produção. Os tempos totais por bloco de produção, utilizando as sequências de produção de 3.2.3 estão calculados na Tabela 2:

Tabela 2 - Tempo total de paragem por bloco de equipamentos

Máquina	Paragem (horas)	% de tempo direto
1307	195	30,36%
1271		18,51%
1095		0,00%
959		0,51%
960		43,07%
975		1,54%
964		6,00%
Máquina	Paragem (horas)	% de tempo direto
1930	120	37%
1601		63%

Máquina	Paragem (horas)	% tempo direto
796	30	100%
895	7	100%
1502	79	100%
1427	203	100%
Máquina	Paragem (horas)	% tempo direto
3027	37	2,70%
IRK1		0,00%
1530		31,08%
IRK2		0,00%
P N1		0,00%
IRK3		0,00%
3037		33,78%
IRK4		0,00%
3033		32,43%

A primeira sequência de equipamentos 1307 a 964 (do misturador *Werner* até à Guilhotina) teve um tempo total de paragem por avaria de 195 horas. Quando um deles avaria, todos os dessa

sequência param. Dessas 195 horas, cerca de 40% foi da responsabilidade da extrusora. Este valor representa o tempo diretamente afetado. Se a avaria for longa, todos os equipamentos para lá do 964 são afetados.

### **3.4 Política de manutenção**

Analisando a situação atual, a realização de manutenção preventiva nos vários equipamentos é muito variável. Não existe uma forma sistemática de atuação, pelo que se centra muitas vezes em ajustes ou limpezas da parte do técnico de serralharia. As ações mais frequentes incluem lubrificação dos equipamentos. A nível de manutenção autónoma o mesmo se pode dizer, com exceção de limpeza ocasional e verificação do nível do óleo.

Algumas verificações de maior escala são realizadas pontualmente. O misturador interno *Werner* é o maior visado, em particular durante o mês de férias da produção (Agosto).

Existe um manual de manutenção preventiva que entretanto caiu em desuso. A versão mais recente foi realizada entre 1999 e 2002, no âmbito da certificação da empresa pela norma ISO 9001. Nele são detalhados procedimentos de manutenção para três níveis: o nível 1, dirigido para a produção (tipo de intervenção preventiva); o nível 2 para a manutenção (preventiva/curativa) e o nível 3 para os serviços externos/manutenção (preventiva/curativa). São também incluídos desenhos técnicos dos equipamentos.

Explicitam-se de seguida, com linguagem retirada do manual, os respetivos níveis de manutenção:

#### **Manutenção de Nível 1**

*“...Caso detecte alguma anomalia, o operador deverá comunicá-la ao seu responsável ou à Manutenção. O responsável da Produção e a Manutenção avaliarão a situação e decidirão sobre a oportunidade da intervenção...”*

#### **Manutenção de Nível 2**

*“Anualmente, deve ser estabelecido pela manutenção o “Plano de manutenção anual de equipamentos”... Nestes serão registadas as datas previsionais das intervenções preventivas a realizar às máquinas, em como as intervenções já realizadas...”*

#### **Manutenção de Nível 3**

*“A necessidade de intervenções externas a máquinas é decidida e solicitada pelo responsável da Manutenção em sintonia com a Direção Industrial. Estas intervenções são registadas do mesmo modo que as de nível 2.”*

### **3.5 Instruções de trabalho**

As ações de manutenção são especificadas por secção/equipamento, e direcionadas para as várias componentes/partes de cada um (figura 28). Estão dispostas em três colunas: a primeira refere-se

à zona de atuação; a segunda descreve a intervenção e a terceira fornece observações (lubrificantes, maior especificidade na zona de atuação, condições desejáveis de atuação, etc.). A figura 28 exemplifica uma instrução de trabalho de nível 1:

ITEM A VERIFICAR	PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO/ACTUAÇÃO	OBSERVAÇÕES
NÍVEL 1 (PARA A PRODUÇÃO)		
Zona de Carga	Limpar as poeiras com uma escova e em seguida aspirar o pó Aspirar o pó da na zona do tapete	Minoritários
Zona de Pesagens	Aspirar o pó do chão Limpar o pó das balanças	Maioritários

Figura 28 - Amostra de uma instrução de trabalho nível 1

O manual especifica procedimentos de verificação/atuação semanais (produção/manutenção), mensais (manutenção), semestrais (manutenção) e anuais (manutenção). Estão também explicitadas as ações tomadas e a realizar em cada ano.

### 3.6 Planeamento anual

Também havia sido criado um calendário anual (52 semanas), para sistematizar o planeamento, com referência aos equipamentos visados pelas intervenções de manutenção preventiva (Figura 29).

Máquinas		Semana						
Nº	Designação	01	02	03	04	05	06	07
1307	WERNER	M	S	S	S	M	S	M
1271	MIST. GUIX	S	M	S	S	S	M	S
1095	BEMFICA	S	S	M	S	S	S	S
959	EXTRUSORA	S	M	S	S	S	M	S

S- Semanal M-Mensal A-Anual

Figura 29 - Exemplo de um registo de execução das intervenções

O manual encontra-se na maior parte dos casos atual. Existem no entanto algumas máquinas que foram desde 2002 renovadas e novos equipamentos adquiridos.



- Misturador interno *Guix* (797) – ausência de instruções de manutenção;
- Misturador aberto *Benfica* (1201) - ausência de instruções de manutenção;
- Sistema de arrefecimento - ausência de instruções de manutenção;
- Misturador aberto *Guix* (1271) – adição de sistema auxiliar de mistura *stock blender*;
- Prensa *Mapelli* (1021) – fora de produção;
- Prensa *Emidecau* – fora de produção;
- Lixas *Weseros* – pouca utilização;
- Máquinas de pintura de fundo – substituídas por máquinas de pintura diferentes.

Entre todos os equipamentos, apenas o Misturador interno *Werner* (1037), os misturadores abertos *Guix* e *Benfica* (1271 e 1095, respetivamente), a extrusora *Farrel-Bridge* (959) e a máquina de lavar *Scotch-Brite* (3027) possuem instruções de nível 1.

Foi entregue uma versão aos operadores, e reservada uma hora semanal para o cumprimento das práticas do manual. A certificação ISO 9001 deixou entretanto de ser prioridade, e a utilização do manual foi suspensa. Desde então verificou-se algum desinvestimento na área da manutenção com a redução do pessoal. O plano foi considerado pouco prático, e devido à falta de pessoal exclusivo e dedicado à manutenção acabou por deixar de ser seguido.

O registo das avarias e intervenções é também muito variável. Não existe um sistema formal adotado na unidade. O responsável pela manutenção não tem registo sistemático, e as notas que toma são para facilitar o seu trabalho prático.

### 3.7 Estrutura organizacional da manutenção

A manutenção está a ser realizada por três intervenientes (Figura 30). Um é especializado na área da serralharia, e trata dos assuntos relacionados com avarias mecânicas, lubrificações e instalações de equipamentos de melhoria.

O outro dedica-se à área da eletricidade (quadros elétricos, etc.). Não é exclusivo da unidade. Existe ainda o responsável máximo pela área da manutenção, que oferece apoio em áreas mais complexas. É um serviço partilhado por todas as unidades da empresa. Finalmente, existe ainda a utilização de serviços exteriores à Monteiro, Ribas. São exemplo destes serviços o apoio a avarias do quadro elétrico da extrusora, que devido à sua idade requer esse tipo de acompanhamento mais especializado, a configuração/verificação do algoritmo do autómato das prensas e manutenção mais individualizada dos empilhadores.

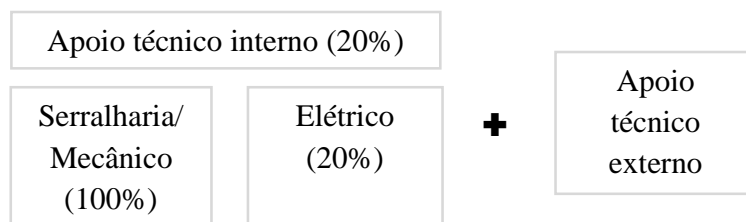


Figura 30 - Esquema dos responsáveis pela manutenção



O horário do responsável pela manutenção mecânica é igual ao primeiro turno da produção (07:00-15:30). O eletricitista tem um horário diferente, iniciando-se às 08:00 e terminando às 16:30. Durante o segundo turno não existe ninguém da manutenção disponível, pelo que qualquer ocorrência nas prensas tem de ficar em espera para o dia seguinte.

A estrutura aparenta ser algo limitada para as necessidades de toda a linha de fabrico. As funções básicas estarão asseguradas, mas será necessário algum esforço para conceber um plano com aplicabilidade. As limitações ao nível da estrutura da manutenção podem oferecer uma boa oportunidade para transferir parte das responsabilidades da manutenção para os operadores, e deste modo envolvê-los no processo, tal como sugerido pelo TPM.

Os custos diretos da manutenção foram de 70.000€ no ano de 2014, representado cerca de 2% das vendas.

### 3.8 Ordens de trabalho

Na necessidade de alguma intervenção curativa/corretiva, os pedidos não são registados (nem em papel, nem em sistema de informação). O pedido é realizado diretamente junto dos responsáveis da manutenção (mecânica/elétrica) ou junto ao responsável pela produção.

As intervenções planeadas, na necessidade de paragem, são decididas pelo técnico de manutenção mecânica, que informa o responsável pela produção. Este último averigua a disponibilidade de tempo e decide a melhor altura para a intervenção.

### 3.9 Armazém de peças

O armazém de peças (Figura 31) localiza-se no 2º andar, junto da pesagem e misturadores internos. As peças de maior dimensão encontram-se numa área indistinta, enquanto que peças mais pequenas (ou mais valiosas) são mantidas numa divisão separada e fechada. O atual sistema informático tem capacidade para albergar a lista de peças em armazém; no entanto o registo tem de ser introduzido manualmente. Atualmente esse registo não é feito, pelo que não existe noção do valor e quantidade de peças em armazém. Espera-se que no futuro, com a integração do *software* ERP SAGE X3, as peças e materiais sejam automaticamente registadas em armazém no momento da receção.



Figura 31 - Armazém de peças

### 3.10 Sistema de informação utilizado

O sistema de informação ao serviço dos operadores dos equipamentos é uma versão do sistema desenhado pela empresa *Sistrade*. Nem todos os postos de trabalho têm acesso ao programa (ou computador). Naqueles postos em que está disponível, os dados são introduzidos manualmente pelos operadores. O *software* dispõe de várias opções para diversas pausas, incluindo almoço e manutenção preventiva. O programa está personalizado por posto. Pode ser definido o início da operação, o fecho, pausas por avarias e outras ocorrências (figura 32).

A		Fim Paragem
B	106	Cargas rejeitadas
C	111	Flexi:Cortar Elcat
D	113	Borracha queimada
E	117	Limpeza Geral da Secção
F	118	Fase seguinte não dá vazão
G	120	Limpeza do Werner
H	121	Mudança de Formulação
I	122	Preparar matéria prima
J	123	Escoamento da linha
K	124	Retrabalhar no Guix(misturador aberto)
L	125	Ensaio na Roller Herd

Figura 32 - Vista do menu referente à descrição da atividade a decorrer

Essa prática também não é recorrente. Como nem todos os equipamentos têm o sistema informático disponível, algumas avarias são registadas em postos de trabalho diferentes daqueles onde se registaram (Tabela 3).

Tabela 3 - Disponibilidade de sistema informático por posto (produção de placas)

Misturador	<input checked="" type="checkbox"/>	Serra	<input checked="" type="checkbox"/>
1ª Calandra	<input checked="" type="checkbox"/>	Lixa	<input checked="" type="checkbox"/>
2ª Calandra	<input checked="" type="checkbox"/>	Pintura	<input checked="" type="checkbox"/>
Provetagem	<input checked="" type="checkbox"/>	Inspeção	<input checked="" type="checkbox"/>
Prensas	<input checked="" type="checkbox"/>	Embaladora	<input checked="" type="checkbox"/>

Torna-se por vezes impossível distinguir ao certo em qual das áreas de trabalho (ou equipamento) se deu a avaria. O sistema não é automático, e o registo é pouco fiável, devido à atitude variável dos operadores. A opção de registo de avaria não é descritiva, pelo que não é possível saber em que componente se deu a avaria. O registo na mistura e na pintura é o considerado mais preciso, por isso mais fiável para o cálculo de indicadores. Na realidade, é comum mesmo nos postos em que haja acesso a computador, o registo de pausas ou avarias ser efetuado na mistura (1º passo do processo).

Alguns postos registam as ocorrências (avarias por ex.) em papel. Essa informação nunca é colocada no sistema.

O programa tem uma função de cálculo automático de capacidades, eficiência por posto e objetivos, mas tanto por erros de funcionamento ou por falta de alimentação de dados, está inoperacional.

A restante organização (gestão da produção, aprovisionamento, financeiro, etc.) está em fase de migração para o ERP SAGE.



## 4 Soluções e Propostas de melhoria

Conhecido o contexto da empresa, em especial a atual situação da manutenção, considera-se como boa prática a utilização, se não na sua totalidade, pelo menos em parte, do manual de manutenção preventiva. O esforço em estabelecer um manual já foi iniciado, com a informação relevante recomendada pelo fabricante recolhida, pelo que devem ser tomadas medidas que tornem a sua aplicação uma realidade. É também essencial a criação de ferramentas que façam o aproveitamento da aplicação da manutenção preventiva. Nesse sentido, surge a necessidade da utilização de um registo sistemático de avarias e intervenções.

### 4.1 Definição da prioridade de atuação

O objetivo principal é a aplicação da manutenção preventiva em todos os equipamentos. A revisão dos manuais de manutenção preventiva foi efetuada em sequência oposta ao sentido da produção, devido à complexidade. A única exceção foi a lixa que, devido a ser o equipamento que sofre de forma recorrente os problemas mais graves, foi considerado prioritário. Sendo a lixa o primeiro equipamento a ser revisto, é o usado como exemplificativo do processo. A estratégia empregue na lixa foi aplicada de seguida nos restantes equipamentos.

### 4.2 Distribuição de avarias na máquina Lixadora *Zur'lan* (1601)

Recorrendo aos dados das avarias presentes no anexo E, fez-se uma seleção por componente da máquina de lixar. Os resultados são apresentados na Figura 33 (os dados não estão completos; não inclui o incêndio por exemplo, pois não se pode relacionar a nenhum componente em específico ou a mudança de fusíveis):

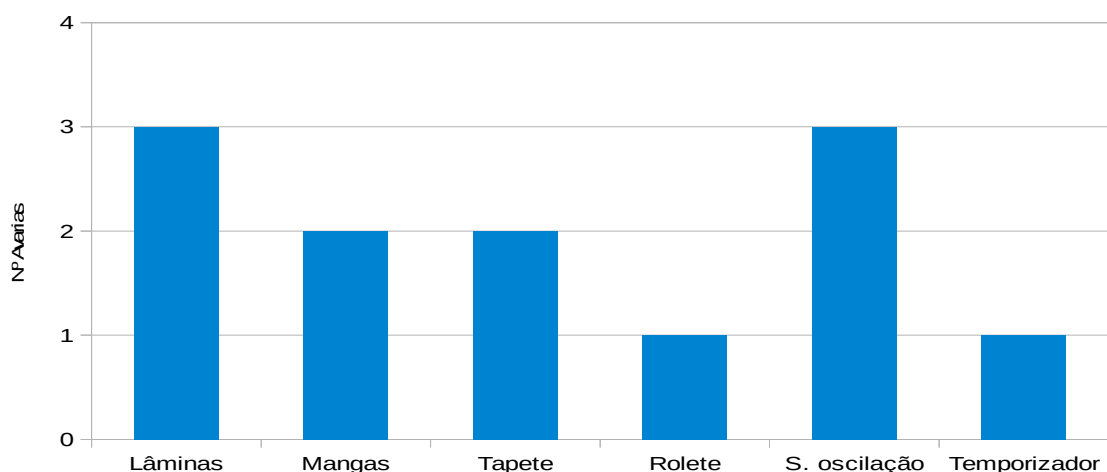


Figura 33 - Distribuição de avarias na lixa durante 17 meses

No total, entre 2014 e maio de 2015 ocorreram cerca de 75 horas de paragem por avaria, o que corresponde a uma média de 51 horas por ano. O tempo médio de paragem é de 5 horas (muito influenciado pelo incêndio). Os MTBF/MTTR podem ser consultados na Tabela 4.

Tabela 4 - MTBF (ou MTTR) dos componentes com avarias registadas

	<b>MTBF/MTTF (dias)</b>
Lâminas de entrada/saída	>404*
Substituição das mangas	202
Tapete anti-estático	202
Rolete	>404
Sistema de oscilação	135
Temporizador	>404

Cálculos para 404 dias.

\* 8 lâminas – 2 por cabeça; 3 avarias em 404 dias;

### 4.3 Revisão do manual Máquina Lixadora Zur'lan (1601)

O manual era à partida muito extenso, e com a atual disponibilidade do setor da manutenção, impossível de ser seguido. As intervenções do antigo manual foram classificadas de acordo com o tipo de intervenção, da seguinte forma:

- **S:** verificação com a máquina em serviço;
- **P:** verificação com a máquina parada;
- **D:** verificação ou intervenção necessita de desmontagem.

No final de cada secção será apresentada uma tabela com a Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE-Anexo H) e se existe exequibilidade da tarefa associada de verificação (Ex).

Para a revisão recorreu-se aos manuais do fabricante, e à ajuda do responsável pela manutenção mecânica. A sua experiência possibilitou a identificação das atividades essenciais, e ao mesmo tempo, identificar também aquelas passíveis de execução.

As instruções do manual estão inseridas num destes tópicos:

- Lubrificação;

Os lubrificantes usados em cada situação estão indicados junto à intervenção. Esta lista foi também atualizada. Alguns dos lubrificantes já não são utilizados, já que foram descontinuados pelo fabricante. Em outras situações são utilizados lubrificantes compatíveis/equivalentes.

- Inspeção;
- Intervenção:
  - Sistemática;
  - Condicional;

O plano antigo de manutenção da lixa compreendia apenas o nível 2 de manutenção, dividido em atuações mensais e anuais. No total, existiam 33 ações de manutenção mensal; a nível anual existiam 35 ações. Dessas, 2 eram exclusivas de manutenção anual, 7 eram semelhantes a

verificações mensais, mas mais completas. As restantes 26 eram intervenções iguais às mensais.

Na figura 34 pode-se visualizar a lixa e os seus sistemas/componentes:

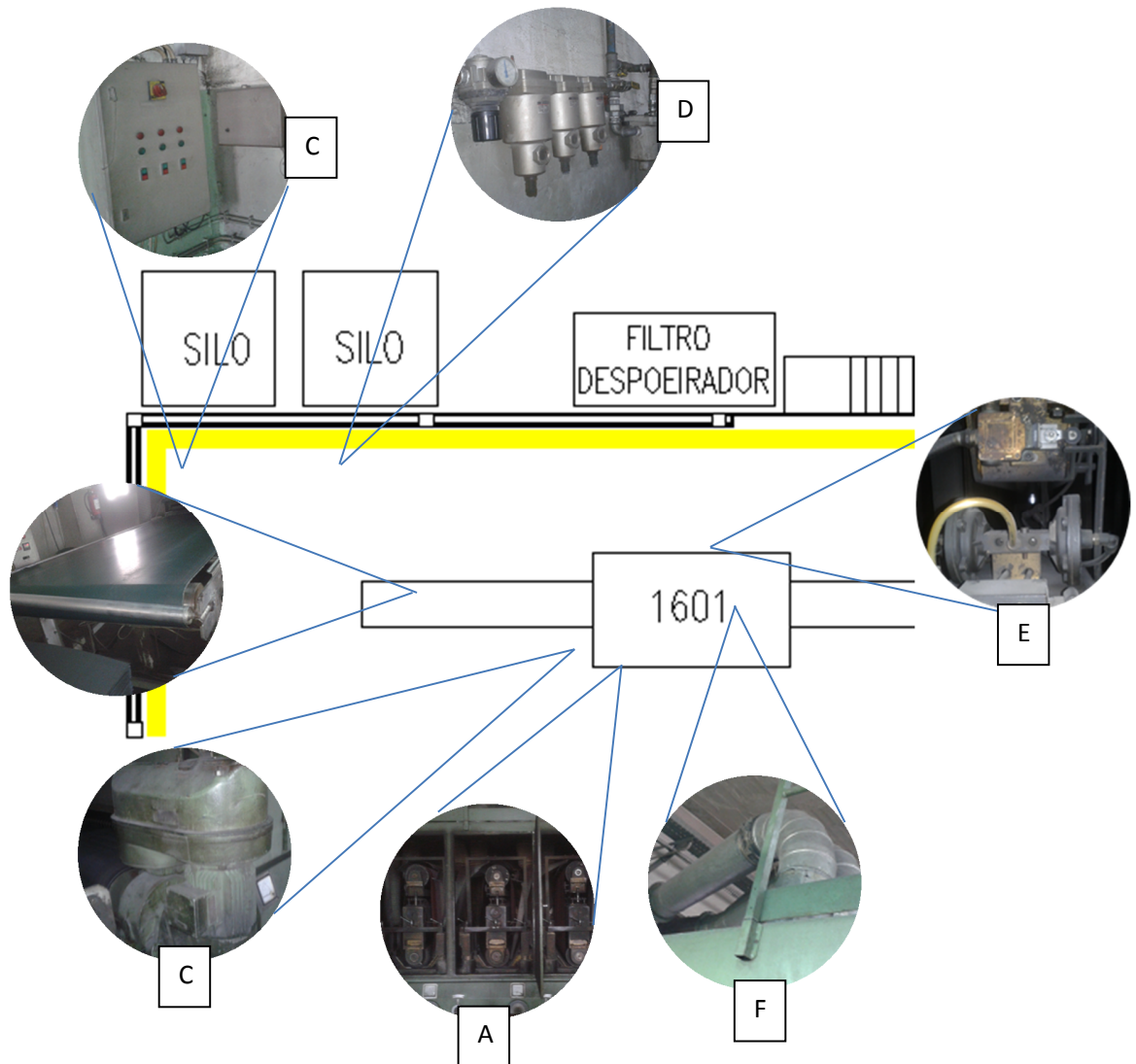


Figura 34 - Vista de cima da lixa e pormenores das várias secções

No anexo A está disponível uma descrição mais detalhada dos componentes da lixa, usando a divisão de secções da Figura 34.

#### 4.3.1 Estrutura da máquina (A)

A estrutura da máquina refere-se ao interior, acessível quando se abrem as portas (4) laterais. As instruções encontram-se na Tabela 5:

Tabela 5 - Intervenções do antigo manual, estrutura da máquina, periodicidade mensal

<b>Estrutura da máquina</b>	(1) Verificar o estado de conservação e tensão do tapete transportador anti-estático.	<b>S</b>
	(2) O estado de conservação/desgaste das lâminas de entrada e saída deve ser medido em todo o seu comprimento, no que diz respeito à espessura e ângulo de entrada e saída.	<b>D</b>
	(3) Verificar e lubrificar as chumaceiras dos rolos superiores e inferiores da folha de lixa.	<b>S/D</b>

A ação (1) foi considerada demasiado imediata para haver necessidade de se fazer a verificação mensal. Acontece que se a tensão do tapete transportador não for a mais correta, o seu efeito é notado imediatamente por parte dos operadores, ao repararem que as placas ficam coladas ao tapete. Uma verificação mensal em nada contribuiria para o melhor funcionamento deste aspeto do tapete, já que não existe nenhum indício explícito do eventual mau funcionamento futuro. A verificação será transferida para a produção.

Em (2) foi considerado demasiado complicado de avaliar o real estado dos componentes. Mesmo que lâmina apresente desgaste visível, é difícil saber com exatidão quanto tempo irá funcionar sem problemas. É um componente cuja substituição passa muitas vezes pela utilização de peças reparadas e longe do seu estado original. Devido à sua idade e tipo, não se consegue adquirir com facilidade peças originais que forneçam com mais exatidão um tempo de utilização recomendado. Assim, considera-se que a manutenção curativa será a melhor solução. Com o futuro registo, e um maior conhecimento da sua distribuição de avaria, pode-se considerar a intervenção sistemática.

Em relação à (3), a verificação pode ser uma possibilidade, mas a lubrificação, no estado atual do sistema não é eficiente. As condições de trabalho são muito rigorosas (vibrações, pós, elevado número de rotações), e fazem com que a transferência do lubrificante da chumaceira para o rolamento não seja bem sucedida. É uma situação indesejável, pois a deficiente lubrificação está a reduzir o tempo de vida dos rolamentos. No entanto, sem uma revisão mais profunda do funcionamento da máquina, esta situação não poderá ser alterada.

O registo histórico da substituição dos rolamentos torna-se importante para a gestão das peças sobresselentes, e previsão de tempos de substituição. Para além do tempo absoluto, poderá ser útil a utilização de indicadores indiretos que estabeleçam de forma mais precisa os períodos de funcionamento como quantidade lixada ou ciclo de funcionamento (Ferreira, 1998).

Devido a esta situação, esta intervenção será revista. Considera-se apenas a verificação do seu funcionamento. Caso sejam detetados sinais de mau funcionamento (ruído, aquecimento em demasia), aí pode-se considerar a sua substituição ou ajuste. Também transferível para a produção.

As falhas relacionadas com as verificações estão sintetizadas na Tabela 6.



Tabela 6 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção da estrutura da máquina

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	6	Baixa (3)	Muito Elevada (2)	S
(2)	5	Remota (1)	Média (5)	N
(3)	8	Remota (1)	Média (5)	S

#### 4.3.2 Quadro elétrico, painel de comandos e circuito (C)

Existem três quadros elétricos localizados junto à máquina. Existe ainda um painel de comando na frente e os cabos elétricos com ligação à estrutura (Tabela 7).

Tabela 7 - Intervenção nº2 do antigo manual, quadro elétrico, painel de comandos e circuito

<b>Quadro elétrico, painel de comandos e circuito</b>	(1)	Limpeza exterior e interior do quadro. Utilizar pano seco que não perca fios e ar comprimido seco.	<b>S/P</b>
	(2)	Testar a funcionalidade de todos os componentes elétricos, verificando se existem lâmpada fundidas no painel de comandos, estado de conservação dos componentes elétricos, amperímetros, fins-de-curso das seguranças. Verificar se todas as botoneiras elétricas do painel de comando estão operacionais.	<b>S/P</b>
	(3)	Testar o estado dos fusíveis elétricos.	<b>P</b>
	(4)	Verificar se no percurso dos cabos elétricos do quadro até ao terminal respetivo da máquina de lixar, existem alguns danificados ou descarnados.	<b>-</b>

Em (1) a limpeza exterior do quadro elétrico pode passar a ser responsabilidade da produção. A limpeza interior deveria ser tarefa a realizar pelo eletricista. A verificação da funcionalidade e estado dos comandos e botoneiras (2) é algo realizado de forma diária pelos operadores. Uma verificação mensal não é necessária. A intervenção (3) só é efetuada quando fazendo parte do processo da identificação de avarias. O quadro dos fusíveis de potência do motor é acessível à produção. Quando o motor para, conseguindo identificar o fusível fundido, os operadores têm competência para o substituir. Os restantes fusíveis são substituídos pelo eletricista ou serralheiro em caso de avaria. A avaria dos fusíveis é bastante frequente (1-2 por semana).

Tabela 8 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção do quadro elétrico, painel de comandos e circuito

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	-	-	-	S
(2)	3	Remota (1)	Elevada (2)	S
(3)	6	Muito alta (1)	Elevada (2)	N
(4)	2	Remota (1)	Remota (8)	S

### 4.3.3 Motores elétricos (Vários-B)

Existem sete motores elétricos em diversas localizações (interior, exterior-frente, exterior-baixo). Uma descrição mais pormenorizada pode ser consultada no anexo A. As verificações destinadas aos motores elétricos explicitam-se de seguida (Tabela 9):

Tabela 9 - Intervenção nº2 do antigo manual, motores elétricos, periodicidade mensal

<b>Motores elétricos</b>	(1) Verificar motores em funcionamento.	S
	(2) Lubrificar os rolamentos nos pontos de lubrificação.	D
	(3) Limpar com escova de <i>nylon</i> a turbina de arrefecimento.	P

A primeira instrução não se refere a nada em específico. Sendo uma constatação do seu bom funcionamento, é uma verificação feita a qualquer momento pelos operadores. A segunda é demasiado genérica, e neste caso nem é aplicável (pelo menos mensalmente). Na verdade, todos os motores da lixa utilizam óleo *longlife*. Não existe a possibilidade (nem necessidade) de serem lubrificados sem os abrir. A única situação em que faz sentido a lubrificação é no caso de acontecerem fugas.

Quanto à intervenção (3), dos sete motores, quatro encontram-se na zona inferior do equipamento, de difícil acesso; estão ainda protegidos por estruturas metálicas, cuja remoção é necessária para a limpeza da turbina. Esta operação requereria várias horas. Com a atual disponibilidade da manutenção, torna-se impossível desempenhar essa tarefa. As raras avarias ocorridas são normalmente tratadas por serviços externos.

No entanto, parte da instrução (3) pode ser transferida para a produção, nomeadamente nos motores facilmente acessíveis. A limpeza não tem de ser feita necessariamente com escova de *nylon*. Ainda que se trate de equipamentos em que não se verifique avarias há anos, a limpeza dos motores é sempre uma boa prática, como referido em Fujikoshi (1990).

Tabela 10 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos motores elétricos

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(2)	7	Remota (1)	Elevada (2)	N
(3)	-	-	-	N

### 4.3.4 Linha de ar comprimido e comandos pneumáticos (D)

A maioria das intervenções deste tópico (Tabela 11) realiza-se no interior da máquina, em vista junto à parede. Uma unidade de tratamento de ar encontra-se junto à parede, a outra encostada à estrutura da máquina.

Tabela 11 - Intervenção nº3 do antigo manual, linha de ar comprimido e comandos pneumáticos

<b>Linha de ar comprimido e comandos pneumáticos</b>	(1) Percorrer todos os tubos e verificar se existem fugas de ar.	<b>S</b>
	(2) Verificar estado de conservação e funcionamento dos comandos (válvulas, reguladores de caudal, etc).	<b>S</b>
	Verificar se os cilindros e válvulas detetoras de membrana do sistema de posicionamento das folhas de lixa, funcionam corretamente, promovendo o movimento lateral das folhas de lixa.	<b>S/P</b>
	(4) Purgar o condensado formado e verificar o nível de óleo do copo de lubrificação.	<b>D</b>
	(5) Acrescentar óleo se necessário.	<b>P</b>
	(6) Limpeza do micro filtro de todas as impurezas.	<b>D</b>

O (2) e o (3) podem ser aglutinados numa categoria mais abrangente. Algumas adições foram necessárias. Era referida a verificação das válvulas de membrana. Na verdade, o sistema é constituído por mais alguns componentes que podem provocar avarias, ou necessitar de reparação/substituição. Em vez de considerar apenas as válvulas de membrana (em algumas portas até já nem se usam válvulas de membrana) considera-se a verificação do sistema de oscilação das placas (Figura 35). Este sistema inclui os fins de curso, as válvulas de distribuição, as válvulas de membrana (ou equivalente) e os *jiggers*.

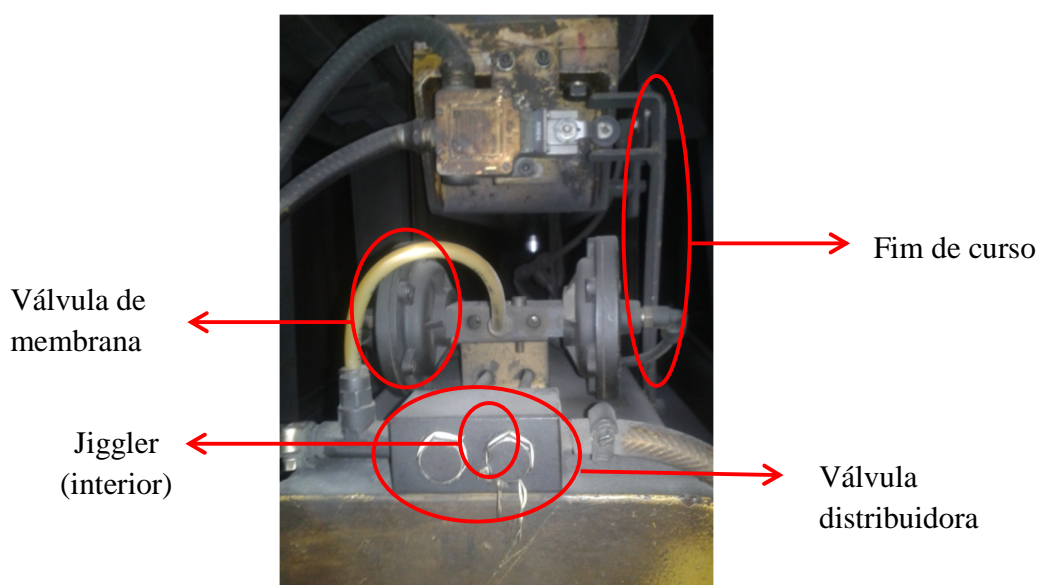


Figura 35 - Sistema de oscilação das folhas da lixa

Os *fins de curso* provocam por vezes a paragem da máquina. Isto acontece devido ao contacto do

componente com a folha da lixa, cujo movimento o desgasta ao longo do tempo. Já foi aplicada uma solução com fotocélulas, mas as partículas no ar tornam o seu funcionamento pouco fiável. Uma opção seria a substituição periódica, mas tal como com a lâmina, a frequência de substituição é de difícil análise, uma vez que as peças usadas (e de substituição) são na sua maioria reparadas (ver (2) do 4.3.1).

Em relação à instrução (4), fizeram-se também algumas mudanças. Originalmente era mencionada a limpeza da unidade de tratamento de ar. Atualmente, para além da original, foi instalada outra unidade de tratamento de ar. As instruções (5) e (6) foram transferidas para a (4).

Tabela 12 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção da linha de ar comprimido e comandos pneumáticos

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	2	Moderada (4)	Remota (8)	S
(2)	6	Remota (1)	Baixa (6)	S
(3)	7	Moderada (1)	Elevada (3)	S
(4)	1	Remota (1)	Deteção (9)	S

#### 4.3.5 Filtros despoeiradores de mangas (E)

Responsáveis pela filtragem das partículas resultantes do processo de lixagem (pós). O processo inicia-se no interior da máquina, e condutas (ver **F**) transportam as partículas para o exterior do edifício, onde são depositados no fundo do filtro em depósitos (Tabela 13).

Tabela 13 - Intervenção nº4 do antigo manual, filtros despoeiradores de mangas

<b>Filtros despoeiradores de mangas</b>	(1)	Verificar estado de conservação exterior das mangas e as zonas terminais onde são presas por abraçadeiras.	<b>P</b>
	(2)	O estado de colmatção das mangas pode ser verificado por leitura da altura da coluna de mercúrio no painel “Delta Neu” instalado na parede ao lado da máquina.	-

O difícil acesso visual das mangas torna a tarefa pouco recomendável. Só as mangas dianteiras podem ser verificadas; a fraca iluminação não permite uma boa verificação das restantes. A alternativa seria a remoção das mangas. Este processo, além de ser muito moroso, é propício a descuidos que prolongam o tempo de verificação em grande medida.

O dispositivo “Delta Neu” (Figura 36) não está funcional. Foi colocado outro diferente com a mesma utilidade, mas nunca funcionou com precisão. É recomendável substituição de ambos, de preferência por um semelhante ao original.



Figura 36 - Dispositivo de verificação de colmatção dos filtros das mangas

Tabela 14 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos filtros despoeiradores de mangas

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	6	Remota (1)	Baixa (6)	N
(2)	1	Muito Baixa (2)	Moderada (4)	N*

\*Mensalmente

#### 4.3.6 Ventiladores de aspiração (F)

Os ventiladores e condutas (Tabela 15) estão localizados no topo da estrutura; fazem parte do mecanismo responsável pela aspiração das partículas.

Tabela 15 - Intervenção nº6 do antigo manual, ventiladores de aspiração

<b>Ventiladores de aspiração</b>	(1)	Verificar toda a tubagem em chapa no que diz respeito à corrosão em pontos considerados críticos, (curvas e redução de secção), e se aparecem furos devem ser reparados.	-
	(2)	Garantir que no seu interior, as condutas se encontram desimpedidas, sem depósitos de pó de lixa potenciadores de deflagração de incêndios.	<b>D</b>

Atualmente existe apenas um ventilador de aspiração. A instrução (1) é importante manter. Atualmente, existem problemas detetados de corrosão que esperam resolução.

A acumulação de pó de lixa nas condutas (2) é tida como uma das causas para a deflagração de incêndios. Um incêndio ocorrido em 2015 pode ter tido origem nessa acumulação, em conjunto com a utilização de uma formulação de borracha de elevada dureza. Para além de ter graves consequências para o funcionamento da máquina, também representa um risco para a segurança.

A intervenção é de grande importância. No entanto implica a paragem de produção durante cerca de 3-4 horas, e a colaboração de duas pessoas. É para ser efetuada pela produção (exclusivamente).

Tabela 16 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos ventiladores de aspiração

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	2	-	Muito elevada (2)	
(2)	10	Remota (1)	Certa (1)	S

#### 4.3.7 Elevadores e correntes de transmissão de movimento em automático.

Estes componentes (Tabela 17) são também acessíveis no interior do equipamento, e estão presentes em ambas as vistas laterais.

Tabela 17 - Intervenção nº7 do antigo manual, elevadores e correntes de transmissão de movimento em automático

<b>Elevadores e correntes de transmissão de movimento em automático.</b>	(1) Lubrificar todos os pontos de lubrificação.	-
--	---	---

É uma intervenção a manter, mas não tem sentido estar numa categoria individualizada (nem no fim da lista). A alternativa é passar a pertencer à secção estrutura da máquina. Segundo o manual do fabricante, deve ser efetuada a cada 400 horas de funcionamento. Assumindo 7 horas de trabalho a cada dia útil, recomenda-se a lubrificação a cada 11 semanas.

Tabela 18 - Falhas, análise e exequibilidade da manutenção dos elevadores e correntes de transmissão de movimento

	<b>Gravidade</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Deteção</b>	<b>Ex</b>
(1)	2	Remota (1)	Muito elevada (2)	S

#### 4.4 O manual atualizado

A implementação do manual de manutenção preventiva exige a atualização e redução do antigo manual. Ao mesmo tempo, optou-se por individualizar cada instrução. A ordem das instruções foi alterada de forma a seguir um percurso mais curto. As instruções de trabalho completas para a lixa, manutenção mensal, são apresentadas em anexo (B).

As instruções para a manutenção anual seguem o mesmo método. São apresentadas apenas as instruções exclusivas de verificação anual. No entanto, durante esta verificação devem-se repetir todas as instruções realizadas mensalmente (Anexo B). Este equipamento não dispunha de instruções de nível 1 (produção). Algumas (diárias principalmente) já são realizadas de forma mais ou menos frequente; é o caso da limpeza do chão, limpeza da estrutura das cabeças da lixa, ou substituição dos fusíveis, ainda que não estejam registadas.

Foram acrescentadas a essas mais cinco instruções (referidas anteriormente), todas relacionadas com a limpeza ou verificação de funcionamento. O número final de intervenções nível 1 e 2 pode ser consultado na Tabela 19. Para além da criação das instruções, foram ainda introduzidas imagens para melhor identificação de locais e equipamentos por parte da produção.

Tabela 19 - Comparação do número de intervenções para a lixa *Zur'lan* entre o manual antigo e o atualizado

		<b>Diário</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensal</b>	<b>Anual</b>	<b>Horas/ano</b>	<b>Paragem</b>
Antigo	Produção	0	0	0	0		
	Manutenção	0	0	33	35		
Novo	Produção	4	0	3	0	30*	30
	Manutenção	0	0	18	27	42	0
						<b>55</b>	<b>30</b>

\* Dependente do estudo realizado em 4.6

Revisto o manual da lixa, conseguiu-se uma redução do número das instruções mensais de 33 para 18, ou seja uma redução de 45% (Figura 37). A verificação anual passou a dispor de 9 intervenções exclusivas (as quais se somam a 18 intervenções realizadas mensalmente). Na lixa, o antigo manual repetia as verificações mensais na anual, enquanto que noutros equipamentos era considerado a nível anual, apenas verificações exclusivas. No manual atualizado, em todos os equipamentos, optou-se por incluir nas verificações anuais apenas intervenções exclusivas.

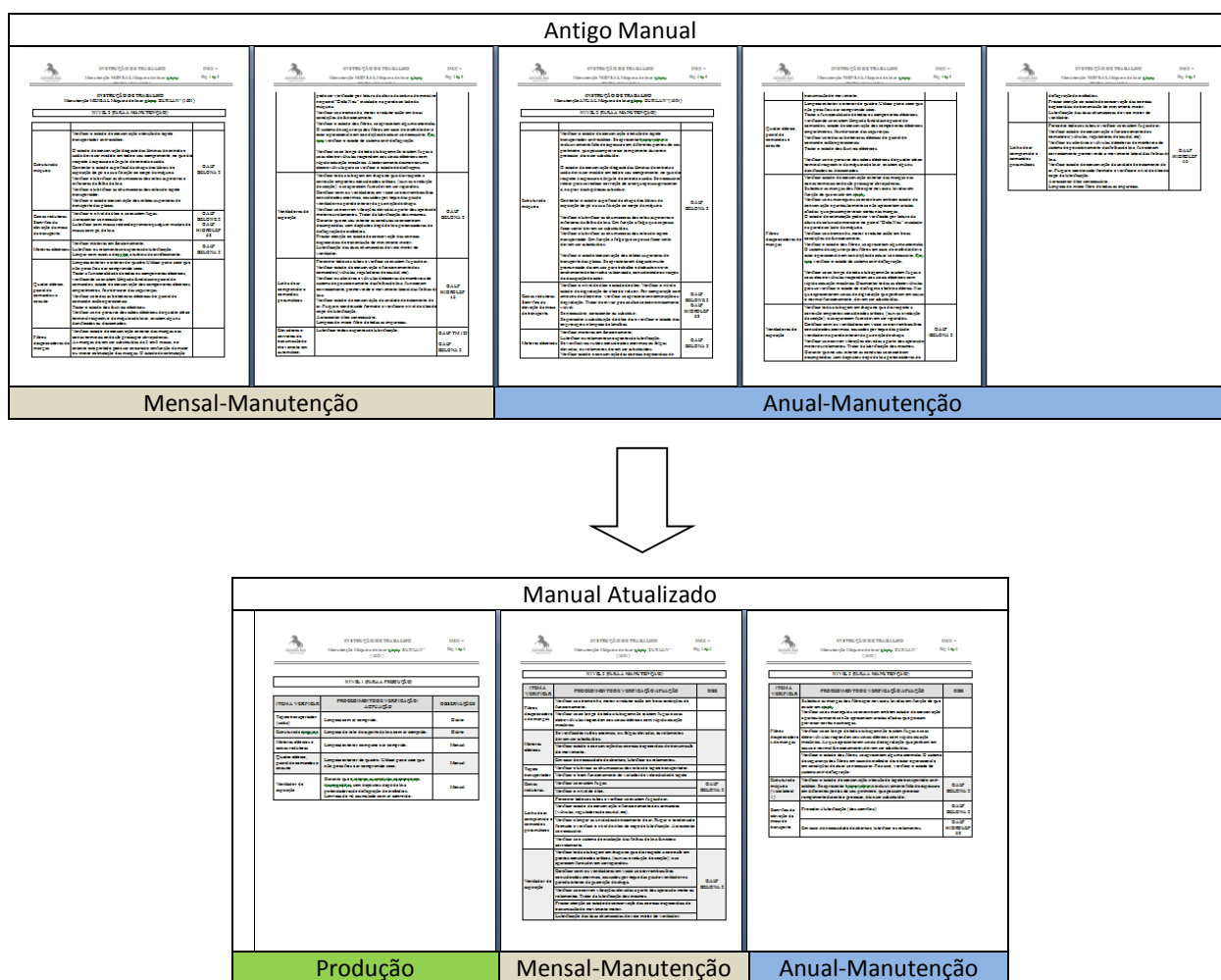


Figura 37 - Aspeto do novo manual em comparação com o antigo plano de manutenção preventiva

#### 4.4.1 Previsão de tempo de realização das intervenções

O processo foi repetido para todos os equipamentos presentes no antigo manual. Foram criadas ou revistas as instruções consoante as atualizações de equipamento (capítulo 3). Com os manuais mais curtos e acessíveis para a atual disponibilidade da manutenção, fez-se um plano mensal e anual de manutenção preventiva.

Em conjunto com a área da manutenção fez-se uma estimativa por cada secção do tempo que levaria cada intervenção do manual (Tabela 20).



Nas estimativas mensais dos tempos totais por secção obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 20 - Tempos totais de execução da manutenção preventiva nível 2 (em minutos) por secção

	Min/mês
Mistura para K	600
Mistura para CTB	200
Provetagem	300
Prensas	236
Serra e Lixa	208
Pintura	550
<b>Total</b>	<b>2094</b>

Contando com o horário mensal do técnico da manutenção:

$$= 22 [\text{dias}] * 7,5 [\text{horas}] * 60 [\text{minutos}] = 9900 \text{ minutos/mês}$$

Mensalmente estima-se que a manutenção preventiva ocupe cerca de **20%** do seu horário de trabalho. O plano anual foi representado em folha de cálculo, com divisão em 52 semanas. Existem três tipos de periodicidade: mensal, semestral e anual. As verificações anuais foram reservadas para o mês de Agosto (férias da produção), e as semanais para Dezembro (férias e feriados de fim de ano).

#### 4.4.2 Plano Mestre de Manutenção Nível 2

Foi criado um plano anual de manutenção preventiva abrangendo todos os equipamentos e divididos por secção. As secções estão individualizadas por cor. Foram consideradas 52 semanas, e três tipos de periodicidade diferentes, também distinguíveis por cor. Se no futuro for pertinente alterar para outras periodicidades (trimestral, por exemplo) será possível atualizar o plano. O modelo seguido pode ser consultado no anexo C.

#### 4.5 Registo de intervenções

Não existe um registo sistemático e acessível de avarias e intervenção (planeadas e não planeadas). Essa necessidade levou à criação de modelos de registo a serem utilizados pela manutenção. Este documento pretende funcionar como arquivo e para consulta. Sendo este último bastante importante, deve-se fazer um esforço para que o seu uso seja o mais fácil e intuitivo possível. O registo histórico é de grande importância, nomeadamente como auxílio para a realização de renovações de equipamento, otimização ou análise económicas que podem culminar na sua substituição (Gestão da manutenção- bloco 1, 2000).



#### 4.5.1. Registo de intervenções e reparações

O documento (Figura 38) deverá estar sempre disponível junto de cada secção, e no fim da reparação deve ser preenchido. Cada documento personalizado por secção. Esta personalização pretende dar um contributo para a rapidez do processo de registo. Pode-se consultar uma versão em tamanho real no anexo C.


		Histórico de equipamento		2015	
		Máquina de lixar placas 'ZUR'LAN" (1601)			
Data	Limpeza	Avaria	Manutenção preventiva	Observação	Tempo de paragem
04/04/15	X			Semanal	23 min
07/04/15		X		Rolamento caixa redutora.	1 hora

Figura 38 - Modelo utilizado para registo de intervenções

#### 4.5.2. Registo de manutenção preventiva

De igual forma, também se criou um documento de registo para a manutenção preventiva (Figura 39). É também específico para cada secção. A data desta vez é definida automaticamente, já que o documento deve ser tratado como uma ordem de trabalho. São referidas as diferentes partes do equipamento (ou diferentes equipamentos, de acordo com as secções) de forma semelhante ao manual de manutenção preventiva, mas sem a descrição da intervenção. Esta lista é complementada com uma *checklist*, que deve ser preenchida à medida que se efetua a verificação.

DATA		28-06-2015	
PERIODICIDADE		Mensal	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Observações
Filtros despoiradores de mangas	Tremonha, motor e redutor	<input type="checkbox"/>	
	Tubagem e eletroválvulas	<input type="checkbox"/>	

Figura 39 - Modelo utilizado na manutenção preventiva (com *checklist*)

#### 4.6 Análise de custos

O uso do plano de manutenção acarreta custos que devem ser ponderados antes da sua aplicação. No seguimento do trabalho desenvolvido na lixa *Zur'lan*, fez-se a contabilização dos custos de aplicação do manual de manutenção preventiva e continuação da atual situação. Os cálculos seguintes farão uma comparação entre o ganho do eventual aumento da disponibilidade com o maior investimento em manutenção preventiva.

##### Implementação da manutenção preventiva (MP)

A realização da manutenção preventiva por parte da produção está estimada em 4 horas mensais (sendo 3,5 horas dedicadas à limpeza das condutas). Devido a esta situação, vai-se considerar três alternativas: aplicar a limpeza das condutas mensalmente, a cada dois meses ou a cada três; a restante manutenção é sempre efetuada mensalmente.

	Atividade	Horas
Serralheiro	Manutenção	2,3
Produção	Limpeza das condutas	3,5
	Restante Limpeza	0,5

##### Custos diretos

Mão-de-obra			
	Nº pessoas	Tempo (h/mês)	Custo (€/mês)
Serralheiro	1	2,3 <sup>[1]</sup>	13 <sup>[3]</sup>
Produção	Mensal	4	68
	2 meses	3,5/0,5 <sup>[2]</sup>	41
	3 meses	3,5/0,5	25

[1] Lixa 137 (min) | [2] 3,5 – limpeza das condutas; 0,5 – restante manutenção | [3] Mão-de-obra - 5,7 €/h.

Material	
	_[4]

[4] O valor do material utilizado (ar comprimido, panos, ferramentas) é residual, pelo que não será contabilizado.

##### Custos indiretos

Este valor refere-se ao custo que as paragens representam considerando uma estimativa de faturação horária.

Produção			
	Limpeza das condutas	Custo (€/h)	Custo (€/mês)
Paragem	Mensal	1.382	5.528
	2 Meses	1.382	3.329*
	3 Meses	1.382	2.449

\* (4 [h] x 6 [meses] x 1382 [€/h] + 0,5 [h] x 5 [meses] x 1382 [€/h]) / 11

**Total**

<b>Mensal</b>	<b>2 Meses</b>	<b>3 Meses</b>
5.609 (€/mês)	3.383 (€/mês)	2.487 (€/mês)

· **Não utilização do manual de manutenção preventiva (MC)**

Durante os últimos 17 meses verificaram-se treze avarias na lixa (Tabela 21):

Tabela 21 - Avarias ocorridas na lixa e sua descrição

<b>H</b>	<b>Avaria</b>	<b>H</b>	<b>Avaria</b>
1	7,5 Substituição de mangas e filtro.	8	2 Problema em temporizador.
2	15 Retificação do tapete.	9	1 Reparação de lâmina (1ª cabeça).
3	4 Afinação do rolete.	10	1,5 Retificação do tapete.
4	1 Reparação de lâmina (2ª cabeça).	11	30 Incêndio.
5	6 Problema do sistema de oscilação.	12	2,5 Problema sistema de oscilação.
6	1 Reparação da lâmina (2ª cabeça).	13	1,5 -
7	1,5 Problema no sistema de oscilação.		

O total de tempo de avaria é de 74,5 horas, média de 4,7 horas por mês. 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 e 10 (e 13) não serão afetados pela manutenção preventiva. Os restantes contabilizam cerca de 35 horas de paragem em 16 meses de produção (11 em 2014 e 5 em 2015). Para os restantes, a alternativa seria a intervenção corretiva sistemática. Os dados ainda são curtos para tal planeamento, mas é uma opção interessante de futuro.

Os incêndios podem ter consequências diversas dependendo da sua origem. Assume-se um tempo de paragem médio de 30 h como o ocorrido em 2015. A verificação do sistema de oscilação pode detetar antecipadamente algum problema (desgaste da guia por exemplo), e resultar no agendamento em tempo oportuno da substituição de algum componente.

Sem a aplicação do manual, não é possível ter a perceção de qual será o seu efeito. Como não é correto assumir que as avarias irão desaparecer por completo graças à manutenção preventiva, a alternativa é estabelecer três cenários (um otimista, um realista e outra pessimista).

· **Cenário pessimista (C0)**

A limpeza das condutas verificar-se-ia apenas parte da solução, e retardaria o aparecimento do incêndio de um MTBF de 18 meses para 36 meses. A verificação do sistema de oscilação não detetava qualquer indício de problema (a avaria ocorria sem antecipação).

· **Cenário realista (C1)**

A manutenção preventiva permitiria eliminar a ocorrência de incêndios. A verificação do sistema de oscilação não conseguia detetar problemas.

· **Cenário otimista (C2)**

A manutenção preventiva permitiria eliminar a ocorrência de incêndios. A verificação do sistema de oscilação permitia detetar metade das vezes o problema antes de ocorrer, passando de 10 para 5 horas de avaria.

### Custos diretos

O custo do serralheiro é resultado do tempo dedicado à manutenção nos últimos 16 meses. Os custos da produção referem-se ao custo de ter os operários parados enquanto a máquina se encontra inoperacional. Também inclui os gastos em material para a reparação.

Mão-de-obra				
	Nº pessoas	Tempo (h/16 meses)	Tempo (h/mês)	Custo (€/mês)
Serralheiro	1	73	4,6	26
Produção	3	73	4,6	105

Material		
	Custo (16 meses)	Custo (€/mês)
Mangas e filtro	2.250	141
Retificação e substituição do tapete	900	56

### Custos indiretos de paragem + Custo do material afetado pela manutenção preventiva

Tabela 22 - Custos atribuíveis aos quatro cenários estudados

	Tempo (h/mês)	Custo (€/h)	Custo (€/mês)	Material <sup>[2]</sup> (€/mês)	Total (€/mês)
Atual	4,7	1.382	6.495	138	6.633
C0	3,6 <sup>[1]</sup>	1.382	4.975	69	5.044
C1	2,78	1.382	3.841	0	3.841
C2	2,47	1.382	3.731	0	3.413

[1]  $30 / 36$  [Incêndio a cada 36 meses] +  $(75,5-30) / 16$  | [2] Mangas danificadas no incêndio.

Comparando os diferentes cenários às três periodicidades:

Tabela 23 - Comparação dos três cenários e três periodicidades (€/mês)

	Manutenção Preventiva			
	Atual	Mensal	2 Meses	3 Meses
	6.633	-	-	-
C0	-	10.653	8.427	7.531
C1	-	9.450	7.224	6.328
C2	-	8.722	6.796	5.900

Os dados apontam para que a aplicação da manutenção preventiva total com periodicidade mensal não seja a melhor solução. A limpeza das condutas deveria passar para 2 meses ou idealmente 3, na contingência de revelar o efeito pretendido; a restante manutenção pode ser mensal. Para além de eliminar um potencial risco de segurança, uma limpeza trimestral das condutas (e restante manutenção) pode significar uma redução de custos de cerca de 8000€/ano ou 10% (C2).

As atividades de manutenção preventiva na lixa tornam-se de análise mais crítica devido ao elevado tempo despendido em manutenção nível 1; é o equipamento em que se verifica um tempo de limpeza mais longo, pelo que existe uma maior exigência em termos de custos.

## 5 Conclusões

### 5.1 Objetivos

O projeto pretendia dar visibilidade a uma área da empresa na qual se sentia a necessidade de evolução. O trabalho efetuado deu o seu contributo para a criação de condições de aplicação da manutenção preventiva, em moldes semelhantes ao que outrora se tinha concebido, mas adaptado ao atual contexto da empresa.

As instruções renovadas foram criadas de forma a serem realizáveis em tempo útil, e a cobrir os componentes e secções mais críticas. A redução do manual foi bem sucedida, resultado num número cerca de 40% inferior às instruções originais, sem por em risco o cumprimento da manutenção essencial.

O plano mostra ser realizável, uma vez que a sua duração está dentro do tempo disponível do setor da manutenção e daquele recomendado na consulta da literatura.

Sendo a aplicação da manutenção preventiva um processo iterativo, e estando nesta fase inicial pouco otimizado, considera-se que este seja o primeiro passo naquele que será um caminho longo na busca por uma estratégia eficiente na área da manutenção. Algumas das verificações podem estar sobrestimadas; o cruzamento entre os dados das avarias futuras e o cumprimento da manutenção preventiva poderá fornecer informação útil para a diminuição da frequência de determinadas intervenções (ou aumento).

A criação dos modelos de registo também se pode considerar como cumprida, estando personalizadas por equipamento de forma a ocupar o mínimo de tempo possível no seu preenchimento. Serão úteis no desenvolvimento do setor da manutenção, nomeadamente na definição de funcionamento do equipamento, levantamento das avarias ocorridas, e possível aprofundamento do método AMFE.

A análise às avarias permitiu perceber quais são os equipamentos nos quais se sente uma necessidade de maior atenção na perspetiva da manutenção, e que estão a contribuir para uma menor fluidez da linha de produção.

A análise aos custos na máquina de lixar *Zur'lan* determinou que a aplicação da manutenção preventiva mensal (com limpeza das condutas trimestralmente) aumenta a disponibilidade do equipamento, contribuindo para um retorno financeiro face à aplicação do manual. Estas conclusões carecem no entanto de mais suporte, nomeadamente de um histórico mais longo e preciso de avarias.

## 5.2 Trabalhos futuros

### 5.2.1 Manutenção Preventiva

O passo imediato na área da manutenção será a aplicação do plano e utilização das ferramentas disponíveis para registo. Após algum tempo de aplicação (6 meses a 1 ano) será necessário fazer um balanço da aplicação e possivelmente a reformulação das periodicidades.

#### Sistema de informação

A utilização de um *software* de auxílio à gestão da manutenção é parte de um nível superior na modernização da gestão da manutenção. Dentro de algum tempo, o *software* utilizado na produção será substituído pelo SAGE ERP X3. O pacote base não disponibiliza nenhum módulo direccionado à gestão da manutenção, nem a SAGE tem um módulo semelhante. No entanto, está acessível um acordo de parceria entre a SAGE e a Dimo Maint, para expandir o *software* com as aplicações CMMS. Devido à atual disponibilidade da área da manutenção, não existiria capacidade de manter o sistema. No entanto, se no futuro se optar por expandir a área da manutenção, seria recomendável o investimento na expansão CMMS (ou em qualquer outro *software* dedicado à área da manutenção). Mesmo que não haja capacidade utilizar o *software*, seria importante a disponibilização de um computador na área da manutenção. Tornar-se-ia útil na pesquisa de catálogos, disponibilização de documentos, ou até como forma de registo.

#### Análise das avarias

Com um registo completo e fiável seria interessante fazer um estudo de questões técnicas relacionadas com a distribuição de avarias, origens e modos de falha. O trabalho iniciado sobre o FMEA poderia ser aprofundando, assim como a utilização de indicadores de desempenho (OEE, custos, etc.)

### 5.2.2 Outras áreas

Existem ainda algumas oportunidades de melhoria, não necessariamente relacionadas com a manutenção:

- Utilização do SMED na área da vulcanização e pintura.

Na área da vulcanização a mudança de moldes da prensa constitui uma boa oportunidade para o estudo de métodos de redução do tempo de troca. Na linha de pintura, o tempo de alteração das ferramentas das máquinas (rolos) e de acerto de tintas ocupa uma parcela bastante importante do tempo total de operação.

- Controlo estatístico da produção

Estudo dos tempos de ciclo ideal de cada equipamento (para cada produto). Forma de avaliar a produção corrente em comparação com a ideal. Também se relaciona em parte com a manutenção, pois nem todas as ineficiências resultam de tempo de avarias. As máquinas podem estar a funcionar, mas com problemas crónicos que limitam a sua capacidade.

## Bibliografia

- Ahuja, I., J. S. Khamba, J. S. 2008, “Total productive maintenance: literature review and directions”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25 No. 7.
- Almada-Lobo, B. 2014, *Conteúdos da disciplina de Gestão da Manutenção*, MIEIG, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- Baptista, L. M. 2007, “RAMS aplicado a sistemas reparáveis - extracção oleaginosas”. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.
- Cabral, J.P. 2006, “Organização e Gestão da Manutenção”, Lidel.
- Call, R. 2007, “CMRP of Life Cycle Engineering”, *Maintenance Technology*.
- Cândeia, G., Kifor, S., Constantinescu. C. 2014, “Usage of case-based reasoning in FMEA-driven software”, DET 2014 – “Disruptive Innovation in Manufacturing Engineering towards the 4th Industrial Revolution.
- Carmin, C. C. 1956, “Preventive Maintenance in Action”, *PETROLEUM REFINER*.
- Duarte, J. C., Cunha, P. F., Craveiro, J. T. 2013, “Maintenance Database”, *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems* 2013.
- Evans, F. 1962. *Maintenance supervisor's handbook*. Houston, Tex.: Gulf Pub
- Ferreira, L. A. 1998, “Uma Introdução à Manutenção”, *Publindústria*.
- Fujikoshi, N. 1990, “Training for TPM: A Manufacturing Success Story”, *Productivity Press*.
- GIAGI – Consultores em Gestão Industrial. 2007, “Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos”
- Kobbacy, K.A., Murthy, D.P. 2008, “Complex system maintenance handbook”, *London*.
- Liker, J. K. 2004, “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer”, *McGraw-Hill*.
- McBride, D. 2004, “Toyota's Total Productive Maintenance (TPM) Program”, 1 Maio 2004, último acesso: Abril 2015, <http://www.emsstrategies.com/dm050104article2.html>
- Ministério da Indústria e Energia, 2000, “Gestão da Manutenção-Bloco I”, *LNETI*
- Monden Y. 1983, “Toyota Production System: Practical Approach to Production Management”, *Norcross: Industrial Engineering and Management Press*.
- Ohno, T. 1988, “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production” (English translation ed.), *Portland, Oregon: Productivity Press*.
- Palady, P. 1995, “FMEA - Failure Modes and Effects Analysis”, *United States of America : PT Publications Inc.*.
- Pinto, C. V. 2002, “Organização e Gestão da Manutenção”, *Monitor*.

Ranteshwar, S., Dhaval, S. B., Ashish M. G., Milesh H. S., 2013, “Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development”, Procedia Engineering, Volume 51

Womack, J. P., Roos, D., Jones, D. T. 1991, “The Machine That Changed the World : The Story of Lean Production”, Harper Perennial.



**Anexo A - Descrição da máquina lixadora *Zur'lan* (1601)**

Peso da máquina: 1500 Kg

Tensão: 380 V

Frequência: 50 Hz

Velocidade por cabeça: 18m/s

	Tipo	Qtd.
<b>A</b>	Chumaceiras rolos inferiores (e respetivos rolamentos)	4
	Chumaceiras rolos superiores (e respetivos rolamentos)	8
	Elevadores (da transmissão)	16
	Lâminas de entrada e saída	8
	Chapa dos lábios de aspiração do pó	4

	Tipo	Qtd
<b>B</b>	Caixa Redutora	1
	Chumaceiras (e respetivos rolamentos)	2
	Motor 1ª Cabeça (22 KW)	1
	Motor 2ª Cabeça (22 KW)	1
	Motor 3ª Cabeça (18,4 KW)	1
	Motor 3ª Cabeça (18,4 KW)	1
	Motor da escova (2,2 KW)	1
	Motor de avanço (2,94 KW)	1
	Motor de elevação (0,37 KW)	1

	Tipo	Qtd.
<b>C</b>	Quadros elétricos	3
	Painel de comandos	1

	Tipo	Qtd.
<b>D</b>	Unidade de tratamento de ar <i>Festo</i>	1
	Unidade de tratamento de ar	1

	Tipo	Qtd.
<b>E</b>	Válvulas distribuidoras	4
	Fim de curso	8
	Parafuso sem fim	8

**Anexo B - Instrução de trabalho da máquina de lixar placas Zur'lan****INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

Manutenção MENSAL Máquina de lixar placas 'ZUR'LAN" (1601)

**NÍVEL 2 (PARA A MANUTENÇÃO)**

ITEM A VERIFICAR	PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO/ATUAÇÃO	min	OBS
Filtros despoeiradores de mangas	Verificar se a tremonha, motor e redutor estão em boas condições de funcionamento.	10	
	Verificar se ao longo de toda a tubagem não existem fugas e se as eletroválvulas respondem aos sinais elétricos com rápida atuação mecânica.	15	
Estrutura da máquina (vista lateral 1)	Controlar o estado superficial (buracos, amolgadelas, etc) da chapa dos lábios de aspiração do pó e a sua fixação ao corpo da máquina.	5	GALP BELONA 2
	Verificar o estado/conservação dos roletes superiores de transporte das placas.	10	
	Lubrificar todos os pontos de lubrificação dos elevadores e correntes de transmissão de movimento em automático.	10	
Tapete transportador	Verificar e lubrificar as chumaceiras dos rolos do tapete transportador.	20	
	Verificar o bom funcionamento do variador de velocidade do tapete	5	
Caixas redutoras.	Verificar se existem fugas.	5	GALP BELONA 2
	Verificar o nível do óleo.	5	
Linha de ar comprimido e comandos pneumáticos	Percorrer todos os tubos e verificar se existem fugas de ar.	5	
	Verificar estado de conservação e funcionamento dos comandos (válvulas, reguladores de caudal, etc).	10	
	Verificar e limpar as unidades de tratamento de ar. Purgar o condensado formado e verificar o nível de óleo do copo de lubrificação. Acrescentar se necessário.	10	
	Verificar se o sistema de oscilação das folhas de lixa funciona corretamente.	5	

Ventilador de aspiração	Verificar toda a tubagem em chapa no que diz respeito a corrosão em pontos considerados críticos, (curvas e redução de secção), e se aparecem furos devem ser reparados.	20	GALP BELONA 2
	Certificar com os ventiladores em vazio se ocorrem barulhos considerados anormais, causados por toque das pás do ventilador na parede interior da guarnição de chapa.	5	
	Verificar se ocorrem vibrações elevadas a partir dos apoios do motor ou rolamentos. Tratar da lubrificação dos mesmos.	10	
	Prestar atenção ao estado de conservação das correias trapezoidais de transmissão do movimento motor.	5	
	Lubrificação das duas chumaceiras do veio motor do ventilador.	15	

Nota: a versão final para utilização não inclui o tempo estimado.

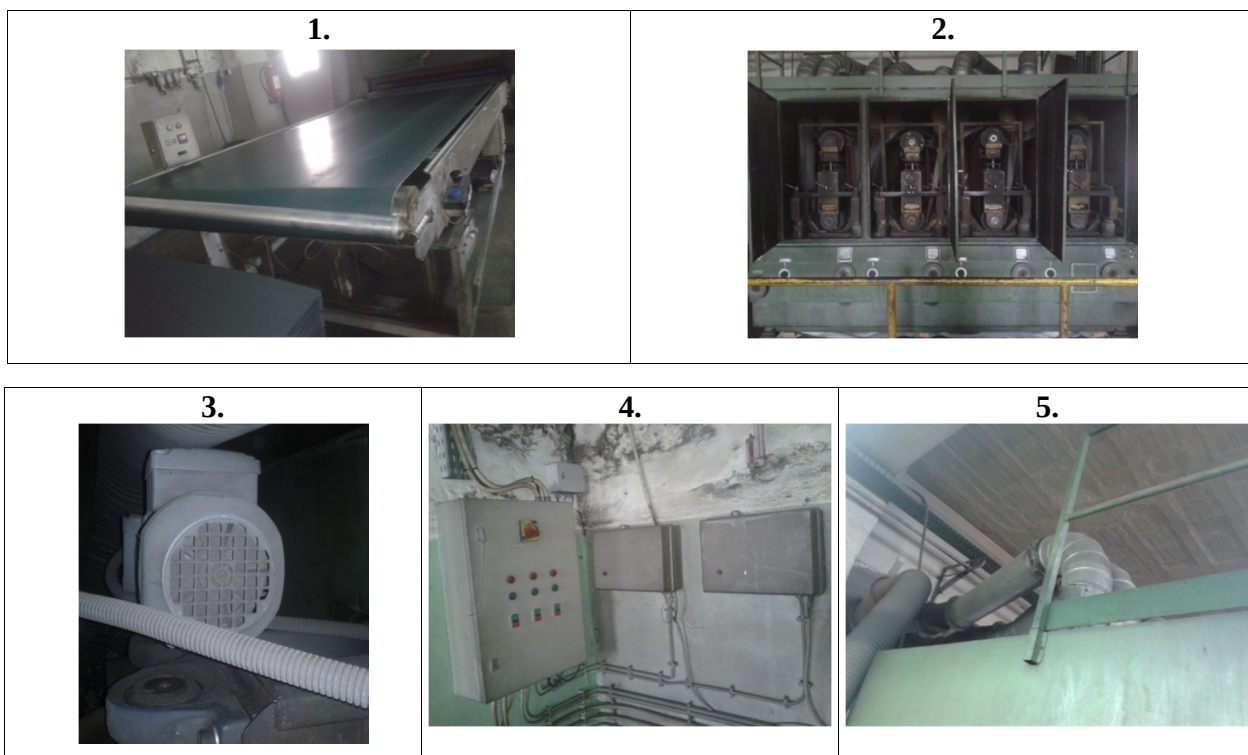
**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

Manutenção ANUAL Máquina de lixar placas "ZUR'LAN" (1601)

**NÍVEL 2 (PARA A MANUTENÇÃO)**

ITEM A VERIFICAR	PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO/ATUAÇÃO	min	OBS
Filtros despoiradores de mangas	Substituir as mangas dos filtros por novas ou lavadas em função do que existir em <i>stock</i> . Verificar se os manequins se encontram em bom estado de conservação e particularmente se não apresentam arestas afiadas que possam provocar cortes nas mangas.	960	
	Verificar se ao longo de toda a tubagem não existem fugas e se as eletroválvulas respondem aos sinais elétricos com rápida atuação mecânica. As que apresentarem sinais de degradação que ponham em causa o normal funcionamento, devem ser substituídas.	15	
	Verificar o estado dos filtros, se apresentam alguma anomalia. O sistema de segurança dos filtros em caso de incêndio deve estar operacional e em condições de atuar se necessário. Para isso, verificar o estado do sistema anti deflagração.	25	
Motores elétricos	Se verificados ruídos anormais, ou folgas elevadas, os rolamentos devem ser substituídos.	10	GALP BELONA 2
	Verificar estado e conservação das correias trapezoidais de transmissão do movimento.	10	
	Em caso de necessidade de abertura, lubrificar os rolamentos.		
Estrutura da máquina (Vista lateral 1)	Verificar o estado de conservação e tensão do tapete transportado anti-estático. Se apresentar baixo relevo e inclusivamente falta de espessura em diferentes pontos do seu perímetro, que possam provocar rompimento durante o processo, deve ser substituído.	5	GALP BELONA 2
Sem-fins da elevação da mesa de transporte	Proceder à lubrificação (dos sem-fins)	10	GALP HIDROLEP 68
	Em caso de necessidade de abertura, lubrificar os rolamentos.		

NÍVEL 1 (PARA A PRODUÇÃO)		
ITEM A VERIFICAR	PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO/ ACTUAÇÃO	OBS
Tapete transportador interno. (1)	Verificar o estado de conservação e tensão do tapete transportador anti-estático. Reparar se as placas ficam coladas ao tapete.	Diária
Estrutura da máquina. (2)	Limpeza interior com ar comprimido.	Diária
	Atenção ao funcionamento dos rolamentos. Detetável pela existência de ruído com intensidade anormal.	Diária
Motores elétricos e caixas redutoras. (3)	Limpeza exterior com pano e ar comprimido.	Mensal
Quadro elétrico, painel de comandos e circuito.	Limpeza exterior do quadro. Utilizar pano seco que não perca fios e ar comprimido seco. <b>Não abrir o quadro.</b> (4)	Mensal
	Se um dos motores de cabeça da lixa parar, verificar fusíveis.	Diária
Ventilador de aspiração. (5)	Garantir que o interior as condutas se encontra desimpedido, sem depósitos de pó de lixa potenciadores de deflagração de incêndios. Limpeza do pó acumulado com ar comprimido.	Mensal



## Anexo C - Plano mestre de manutenção preventiva

● Mensal    ● Semestral    ● Anual

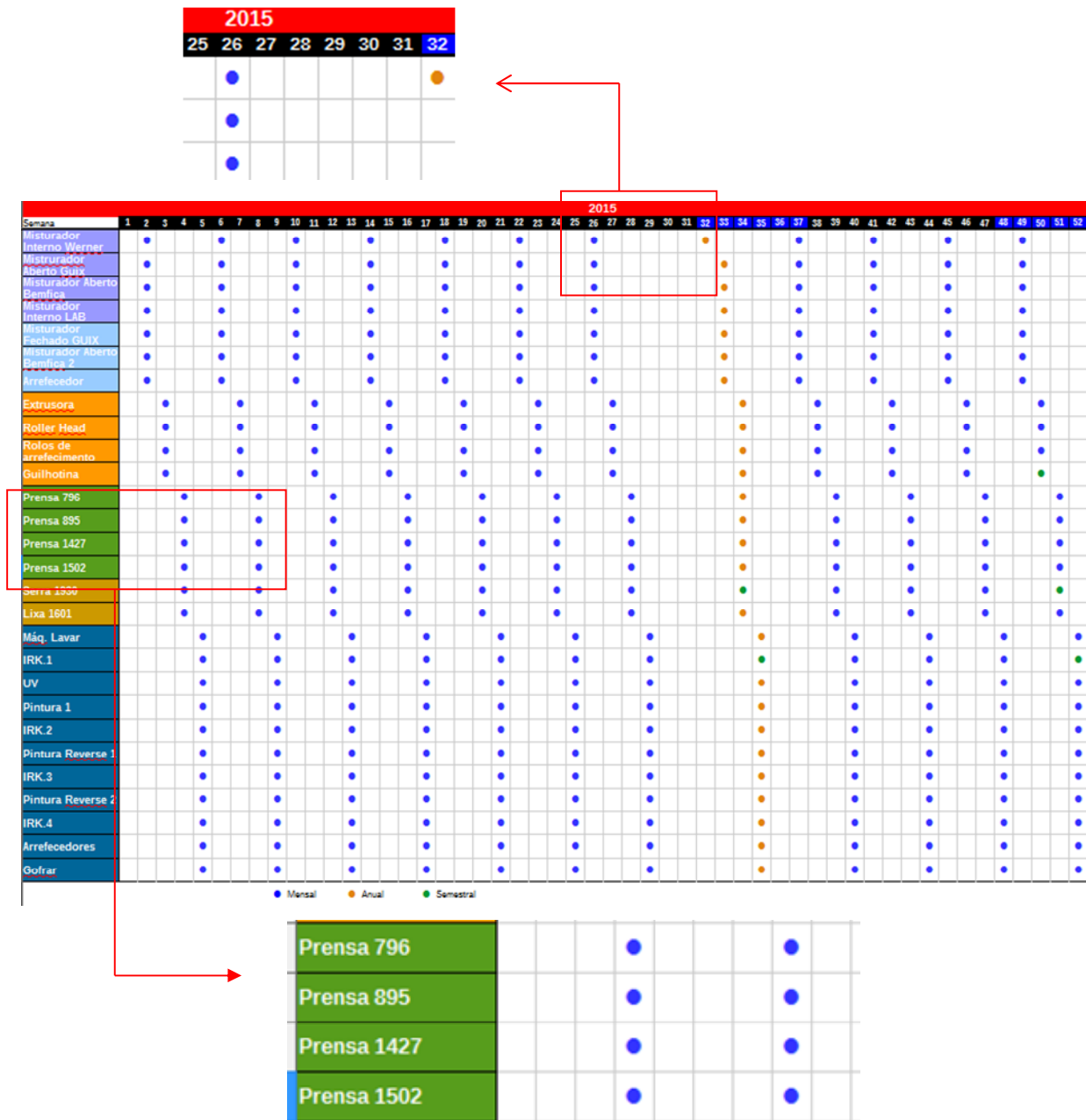


Figura 40 - Plano Mestre da Manutenção com detalhe

## Anexo D - Modelos de registo

Data	Limpeza	Avaria	Manutenção preventiva	Observação	Tempo de paragem
04/04/15	X			Semanal	23 min
07/04/15		X		Rolamento caixa redutora.	1 hora

## Anexo E - Avarias registadas entre 01/2014 e 05/2015

A seguinte lista não inclui todas as avarias verificadas. As mais importantes estão representadas.

Tabela 24 - Lista de avarias registadas em 2014 e 2015

Eqp.	Data	h	Tipo Avaria	Descrição
1502	22-12-2013	49	Elétrica	-
1307	02-01-2014	24	Elétrica	Problema nas botoneiras e limpeza de contactos.
960	08-01-2014	0,5	Mecânica	Desafinação do cilindro.
1502	08-01-2014	1,5	Elétrica	Problema nos temporizadores
1307	09-01-2014	1	Elétrica	Limpeza de contactos.
1427	09-01-2014	3,5	Elétrica	Verificar ligações e programa do autómato.
1601	10-01-2014	7,5	Mecânica	Substituição de mangas e filtro.
797	13-01-2014	21	Mecânica	Avaria e substituição da sonda de temperatura.
1307	14-01-2014	2,5	Elétrica	Substituição de contactos
1930	28-01-2014	0,5	Mecânica	Problemas nas mós de esmeril.
1427	28-01-2014	1,5	Mecânica	Correia trapezoidal danificada.
P960	03-02-2014	3	Mecânica	Espessura dos rolos desajustada.
1307	04-02-2014	2	Outra	Acumulação de borracha impede fecho da porta.
1930	05-02-2014	1,5	Mecânica	Problema na lâmina e foto-célula.
960	11-02-2014	0,5	Mecânica	Substituição da faca.
3033	12-02-2014	2	Pneumática	Reparação de válvulas e substituição de diafragma.
1427	13-02-2014	104	Mecânica	Cambota partida.
3037	17-02-2014	2,5	Pneumática	O-Ring, Diafragma e válvulas (Substituição).
959	18-02-2014	3,5	Pneumática	Problema no sistema.
3027	18-02-2014	1	Mecânica	Limpeza dos canais de barreira do ar.
1427	20-02-2014	0,5	Hidráulica	Calibração do manómetro.
895	20-02-2014	0,5	Hidráulica	Desfasamento do manómetro de vapor.
796	25-02-2014	30	Hidráulica	Problema com o manómetro de vapor.
1930	27-02-2014	2	Mecânica	Afinador danificado.
959	27-02-2014	1	Elétrica	Substituição de fusíveis.
960	28-02-2014	24	Mecânica	Problemas gerais (eqs. auxiliares, rolamentos, rolos)
1930	07-03-2014	3	Mecânica	Ajustes na blindagem e lâmina.
964	21-03-2014	3	Mecânica	Problema na base Vulkollan e na lâmina de corte.
1427	31-03-2014	7	Hidráulica	Substituição de vedantes; retificação de válvulas.
1601	02-04-2014	15	Mecânica	Retificação do tapete.
1530	05-04-2014	4	Elétrica	Lâmpadas fundidas.
3037	08-04-2014	3	Pneumática	Substituir diafragma; retificar válvulas.
1502	11-04-2014	1	Hidráulica	Reposição de óleo.
1601	14-04-2014	4	Mecânica	Afinação de rolo calcador e de transporte.
3037	15-04-2014	3,5	Mecânica	Redutor partido.



3033	23-04-2014	3	Pneumática	Redutor partido.
964	24-04-2014	0,17	Mecânica	Deasafinação da lâmina de corte.
1095	24-04-2014	1	Mecânica	Problema no suporte da faca de cortar a tira.
3037	28-04-2014	0,5	Pneumática	Limpeza das válvulas.
1601	30-04-2014	1	Mecânica.	Reparação de lâmina (2ª cabeça).
1502	06-05-2014	10	Elétrica	-
895	08-05-2014	0,5	Elétrica	Componentes.
425	08-05-2014	4	Mecânica	Problema de casquilhos.
1307	14-05-2014	0,5	Indefinido	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu.
964	16-05-2014	0,5	Mecânica	Problema nos anéis das escovas.
959	20-05-2014	1	Mecânica	Limpeza turbina, motor e tubo do pressostato.
1307	20-05-2014	1	Indefinido	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu.
1427	21-05-2014	1,5	Hidráulico	Fuga de água.
895	27-05-2014	2	Elétrica	Componentes.
1427	30-05-2014	3	Hidráulica	Fuga de água. Ponteira partida.
1427	02-06-2014	9	Hidráulica	Fuga de água. Reparação de válvula.
307	03-06-2014	1	Indefinida	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu.
307	04-06-2014	0,5	Indefinida	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu.
1427	09-06-2014	10	Hidráulica	Prensa não carrega. Reparação de válvula.
1502	12-06-2014	11	Elétrica	Substituição de componentes
1601	23-06-2014	6	Mecânica	Problema do sistema de oscilação.
959	25-06-2014	32	Elétrica	Efeitos colaterais de rebentamento de tubo de água.
3033	02-07-2014	3	Mecânica	Problemas no redutor.
1427	08-07-2014	2	Hidráulica	Afinação de válvula.
895	09-07-2014	4	Hidráulica	Problema válvulas e vedantes.
964	09-07-2014	2	Mecânica	Problema na lâmina, manivela e cavilhas.
1307	15-07-2014	0,5	Indefinida	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu.
1307	22-07-2014	6	Elétrica	Substituição de contactor.
1502	22-07-2014	1	Hidráulica	Repor óleo.
1307	23-07-2014	4	Elétrica	Substituição de contactor.
797	25-07-2014	3	Pneumática	Limpeza de filtro, regulador e válvulas.
797	26-07-2014	21	Elétrica	-
960	13-08-2014	7	Mecânica	Problema do vedante e reparação do bronze.
959	27-08-2014	10	Mecânica	Problema no rolo de alimentação.
1427	29-08-2014	8	Hidráulica	Retificação e afinação de válvulas.
959	03-09-2014	4	Elétrica	Problema nos fusíveis e contactor.
1930	22-09-2014	3	Mecânica	Encravamento resultou em problema de engrenagem.
1930	29-09-2014	2	Mecânica	Afinação necessária.
1307	01-10-2014	3	Hidráulica	Limpeza e afinação.
1427	01-10-2014	4	Hidráulica	Fuga de água. Substituição de vedante.
1601	13-10-2014	1	Mecânica	Reparação da lâmina (2ª cabeça).

1502	21-10-2014	5	Mecânica	Parafusos partidos.
975	22-10-2014	2	Mecânica	Tubo partido
1601	27-10-2014	1,5	Pneumático	Problema no sistema de oscilação.
1427	30-10-2014	4	Mecânica	Parafusos partidos.
964	12-11-2014	3	Mecânica	Problema na base <i>Vulkollan</i> e na lâmina de corte.
1530	21-11-2014	2	Outra	Substituição de lâmpada.
1307	24-11-2014	3,5	Outra	Borracha acumulada.
1930	24-11-2014	1	Mecânica	Problema na foto-célula.
1601	27-11-2014	2	Elétrica	Problema em temporizador.
975	03-12-2014	1	Mecânica	Folgas dos pernos roscados das rodas dentadas.
1307	04-12-2014	4	Mecânica	Limpeza de circuito de arrefecimento.
964	10-12-2014	3	Mecânica	Cavilhas partidas.
1930	10-12-2014	6	Mecânica	Encravamento com borracha. Danos vários.
960	11-12-2014	1	Elétrica	Substituição de fusíveis.
1307	11-12-2014	0,5	Mecânica	Afinação.
1601	17-12-2014	1	Mecânica	Reparação de lâmina (1ª cabeça).
1427	17-12-2014	2	-	Continuação da anterior.
3033	18-12-2014	4	Pneumática	Problema em diafragma, válvulas e vedantes.
3037	18-12-2014	3	Pneumática	Problema em diafragma, válvulas e vedantes.
1427	23-12-2014	3	Mecânica	Substituição de parafusos e cavilhas.
1930	23-12-2014	2	Mecânica	Encravamento lâmina-blindagem.
1601	15-01-2015	1,5	Mecânica	Retificação do tapete.
1427	10-02-2015	16	Hidráulica	Fuga circuito hidráulico.
959	15-02-2015	16	Elétrica	Avaria de transformador.
1930	02-03-2015	24	Mecânica	Substituição de bandagens e rolos.
959	02-03-2015	2,25	Elétrica	-
959	03-03-2015	7,45	Elétrica	-
959	04-03-2015	6,25	Elétrica	-
IRK3	10-03-2015	4		Substituição lâmpadas
1601	13-03-2015	30	Outra	Incêndio.
959	07-04-2015	2	Elétrica	-
IRK3	15-04-2015	1,5	Outra	Substituição do refletor.
1601	24-04-2015	2,5	Pneumática	Problema sistema de oscilação.
1307	25-04-2015	3	Pneumática	Circuito obstruído.
1307	28-04-2015	0,4	Outra	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu*.
1427	08-05-2015	32	Hidráulica	Peça da bomba partida.
1307	11-05-2015	0,25	Outra	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu*.
1307	12-05-2015	0,5	Outra	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu*.
1601	22-05-2015	1,5	-	-
1307	25-05-2015	1	-	-
1307	26-05-2015	0,5	Outra	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu*.

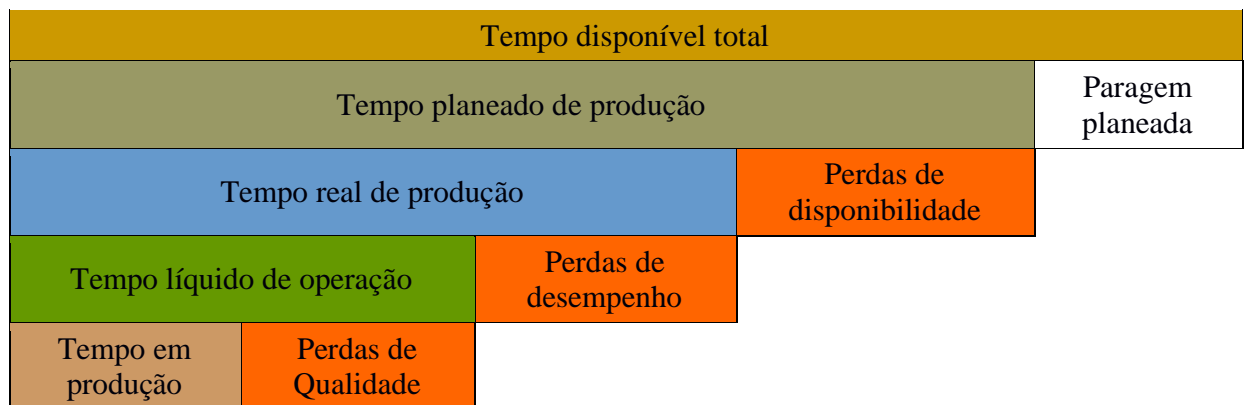
1307	27-05-2015	0,4	Outra	Problema arranque. Ligar/desligar sistema resolveu*.
959	27-05-2015	0,3	-	-

\* O problema deveu-se provavelmente à ausência de funcionamento de uma das bombas usadas na circulação de água geral, em conjugação com altas temperaturas ambiente.

## Anexo F - Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O OEE é normalmente utilizado como indicador de desempenho da utilização dos equipamentos. É obtido pelo produto do índice de disponibilidade, produtividade e qualidade, e fornece informação acerca se o equipamento está a ser sobre ou subutilizado.

É considerado como o indicador de desempenho preferencial do TPM. Permite avaliar o sucesso das aplicações do TPM. É no entanto bastante dependente de dados, pelo que um deficiente sistema de recolha de informação pode tornar inviável a sua aplicação. A Figura 5 mostra uma representação gráfica do OEE (Ranteshwar *et al*, 2013).



Capacidade perdida

Figura 41 - Esquema representativo das perdas relacionadas com o OEE

$$OEE = \frac{\text{Tempo em produção}}{\text{Tempo planeado de produção}}$$

ou

$$OEE = AI \cdot PR \cdot QR$$

Em que:

$AI$  = Índice de disponibilidade |  $PR$  = Taxa de desempenho |  $QR$  = Taxa de qualidade

Os índices/taxas acima estão dependentes de vários fatores, relacionados com os desperdícios. São eles:

Tabela 25 - Categorias de perdas consideradas no cálculo do OEE

<b>Paragem – Disponibilidade</b>	Avarias em máquinas, <i>setups</i> e ajustes
<b>Velocidade - Desempenho</b>	Microparagens, inatividade, redução da velocidade
<b>Defeitos - Qualidade</b>	Sucata e retrabalho Desperdício de ajustes ( <i>setup</i> )

## Anexo H - Análise de Modos de Falhas e Efeitos (AMFE)

A AMFE (ou FMEA em inglês) é uma ferramenta desenvolvida na década de 50, do século XX. Tem como função definir, eliminar e caracterizar os modos de falha/avaria de um sistema. O seu principal objetivo é permitir a identificação das falhas, num processo de prevenção dos problemas antes que ocorram (Cândeia, 2014). O processo é composto por uma avaliação a três diferentes características (Índice de ocorrência – Tabela 23, Índice de deteção – Tabela 24 e índice de gravidade – Tabela 25), e permite obter uma avaliação que define o grau de criticidade ou prioridade do modo de avaria. O resultado é denominado de NPR (Número de Prioridade de Risco).

Tabela 26 - Índice de ocorrência (adaptado de Baptista, 2007)

Probabilidade de ocorrência	Critério	Índice
Muito alta	MTBF < 15 dias	6
Alta	15 dias < MTBF < 80 dias	5
Moderada	80 dias < MTBF < 170 dias	4
Baixa	170 < MTBF < 260 dias	3
Muito baixa	260 < MTBF < 350 dias	2
Remota	MTBF > 350 dias	1

Tabela 27 - Índice de gravidade dos efeitos de falha (Palady, 1995).

<b>Critério</b>	<b>Índice</b>
O efeito não é notado pelo utilizador	1
Efeito muito ligeiro, notado pelo utilizador. No entanto, não incomoda ou prejudica o utilizador.	2
Efeito ligeiro que causa incómodo ao utilizador. No entanto, não leva o utilizador a procurar o serviço de manutenção.	3
Efeito menor que causa inconveniência ao utilizador. No entanto, não o leva a procurar o serviço de manutenção.	4
Efeito ligeiro que causa incómodo ao utilizador, levando-o a procurar o serviço de manutenção.	5
Efeito moderado que causa inconveniência ao utilizador, levando-o a procurar o serviço de manutenção.	6
Efeito moderado que causa degradação no desempenho do equipamento, conduzindo a falhas graves ou a uma falha que eventualmente cesse as funções do equipamento.	7
Efeito significativo resultando numa falha grave, no entanto não coloca a segurança do utilizador em risco e não resulta numa significativa falha de custo.	8
Efeito crítico de insatisfação do utilizador, cessa as funções do equipamento, significativa falha de custo e ligeiro risco de segurança (não ameaça a vida ou incapacidade permanente para o utilizador).	9
Ferimentos, ameaça à vida ou incapacidade permanente ou outra falha de custo que coloca a capacidade da organização continuar a operar em risco.	10

Tabela 28 - Índice de detecção (Palady, 1995)

<b>Critério</b>	<b>Índice</b>
Praticamente certo de detetar.	1
Probabilidade muito elevada de deteção.	2
Probabilidade elevada de deteção.	3
Possibilidade moderada de deteção.	4
Deteção média.	5
Baixa deteção.	6
Deteção muito baixa.	7
Deteção remota.	8
Deteção muito remota.	9
Praticamente impossível detetar.	10